COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 FÉVRIER 1874.

PRÉSIDENCE DE M. BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique, des Cultes et des Beaux-Arts** adresse l'ampliation du Décret par lequel le Président de la République approuve l'élection, faite par l'Académie, de M. *P. Gervais*, pour remplir la place laissée vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Coste*.

Il est donné lecture de ce Décret. Sur l'invitation de M. le Président, M. **P. Gervais** prend place parmi ses confrères.

BALISTIQUE. — *Étude expérimentale sur la balistique intérieure;* par M. le général **Morin**.

« *Détermination des efforts moteurs exercés aux différents points du parcours d'un projectile dans l'âme d'une bouche à feu.* — La question que je me propose de résoudre dans cette Note a été, dans ces dernières années, et est encore étudiée par les savants et les artilleurs de divers pays à l'aide d'appareils et d'instruments ingénieux, qui ont fourni des mesures plus ou moins approximatives des efforts cherchés.

» Mais il m'a semblé que, à l'aide de procédés graphiques plus simples et d'une application plus sûre que ceux qui ont été employés jusqu'ici, les

résultats des expériences comparatives que la Commission du pyroxyle avait exécutées en 1846 et 1847 pouvaient conduire à des appréciations exemptes de toute hypothèse et d'une exactitude suffisante pour la pratique. A l'époque de 1849, où je fus chargé de faire le résumé de ces recherches pour le service de l'Artillerie, je n'avais pas encore entrevu la solution que je crois pouvoir indiquer aujourd'hui. Je ne citerai de ces expériences que les résultats qui se rapportent à la question que je veux traiter ici : il s'agissait alors de comparer les effets du tir de la poudre et du pyroxyle de coton dans les fusils et dans les canons, sous le rapport de la balistique extérieure et sous celui de la conservation des bouches à feu.

» Dans ce but, des expériences ont été exécutées par deux Sous-Commissions distinctes, dont les résultats se contrôlaient réciproquement, et l'on a déterminé les vitesses communiquées à des balles d'un même poids de $28^{gr},8$ du calibre de 17 millimètres, tirées comparativement avec des charges de 8 grammes de poudre ou de $2^{gr},86$ de pyroxyle dans des canons de fusil de dix longueurs différentes qui sont exprimées :

En multiples du calibre, par...	64	49	38	29	22	16	11	7	5	4
En millimètres, par..........	1083	833	646	493	374	272	187	119	85	68

» En divisant la moitié de la force vive imprimée dans chaque cas au projectile par la longueur de l'espace parcouru, on a pu obtenir la valeur de l'effort moteur moyen exercé sur le projectile dans le parcours et former le tableau suivant des résultats de l'observation et du calcul :

Longueurs d'âme		Vitesses communiquées		Forces vives communiquées		Effort moteur moyen exercé sur le projectile	
Totales.	parcourues par la balle.	par 8 grammes de poudre.	par $2^{gr},86$ de pyroxyle.	par la poudre.	par le pyroxyle.	par les gaz de la poudre.	par les gaz du pyroxyle.
m	m	m	m			kg	kg
1,083	1,035	376,72	376,59	416,4	416,4	201,2	201,2
0,833	0,785	376,18	387,33	415,2	440,5	264,5	280,6
0,646	0,598	349,53	379,62	359,0	424,1	300,2	353,8
0,493	0,445	316,87	358,52	294,6	377,4	331,2	424,7
0,374	0,326	286,07	360,38	240,2	381,3	368,3	584,3
0,272	0,224	261,20	326,51	200,2	313,0	446,8	698,7
0,187	0,139	220,96	294,38	143,1	254,4	515,3	915,2
0,119	0,071	161,65	250,54	76,7	184,3	539,9	1297,9
0,085	0,037	115,27	175,94	39,0	90,8	526,9	1228,3
0,068	0,020	89,33	119,23	23,4	41,7	585,3	1043,5

» Mais, dans la discussion des résultats de ces expériences, je n'ai pas manqué de faire remarquer, ce qui était évident du reste, que la valeur

moyenne des efforts moteurs ainsi déterminés était d'autant plus inférieure à l'effort maximum, que le canon était plus long par rapport à la charge.

» Il n'est pas inutile d'ajouter qu'elle est aussi, à l'inverse, supérieure à la valeur de l'effort minimum correspondant au moment où le projectile sort de l'âme.

» Des expériences analogues à celles de la Commission du pyroxyle ont été exécutées en 1869, à Meudon, par M. le colonel de Reffye sur des canons du calibre de 70 millimètres, de sept longueurs différentes, se chargeant par la culasse et lançant des obus du poids de $3^{kg},860$. Le but spécial de ces expériences était de comparer les effets de diverses poudres à employer pour obtenir de grandes vitesses pour les projectiles des bouches à feu étudiées.

» Les résultats de ces recherches ont été discutés et interprétés d'une manière remarquable par M. le commandant d'Artillerie Pothier (1) à l'aide de procédés graphiques qu'il m'a paru possible de remplacer par d'autres d'une exécution plus facile et qui permettent en même temps de résoudre plus complétement la question du mouvement des projectiles dans les bouches à feu, pour en étudier les diverses circonstances.

» Je me borne dans cette Note à appliquer la méthode que je propose aux expériences de 1846, parce que, étant relatives à des matières explosives très-différentes, elles sont de nature à jeter du jour sur les énormes écarts que présente leur mode d'action dans les bouches à feu et à préserver ceux qui s'occupent de ces questions de certaines exagérations qui tendent à se reproduire aujourd'hui malgré l'expérience acquise il y a près de trente ans.

» Représentons les résultats du tir dans des canons de différentes longueurs, et pour chacune des substances étudiées, par des courbes dont les abscisses soient les longueurs d'âme parcourues par le projectile, et dont les ordonnées soient la demi-force vive ou le travail mécanique produit sur le projectile.

» On remarquera que l'inclinaison de la tangente aux courbes ainsi construites en un point quelconque, dont l'abscisse est E et l'ordonnée $\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}\frac{P}{g}V^2$, aura pour expression correspondant à cet élément de parcours $\frac{P}{g}\frac{V\,dV}{dE} = \frac{P}{g}\frac{dV}{dt}$, attendu que $V = \frac{dE}{dt}$, ce qui donne la valeur de l'effort

(1) *Mémoire sur la Balistique intérieure des bouches à feu;* par M. E. Pothier, chef d'escadrons d'Artillerie. Paris, décembre, 1871.

moteur exercé sur le projectile, effort qui est la résultante de la pression développée en arrière par les gaz, et en avant en sens contraire par les résistances provenant du forcement, du frottement et du déplacement de l'air.

» *Détermination des efforts moteurs du projectile.* — Pour appliquer d'abord ces considérations à la détermination des efforts moteurs développés aux différentes positions du projectile dans l'âme d'une bouche à feu, il suffirait donc de pouvoir obtenir, avec une exactitude au moins convenable pour les applications, l'inclinaison de la tangente à la courbe dont nous avons indiqué la construction; mais de simples tracés à la règle, pour déterminer les tangentes ou les normales en un point donné, sont assez délicats à exécuter et donneraient lieu, sur les dessins, à une confusion de lignes.

» Les courbes qui ont pour abscisses les espaces E parcourus par le projectile, et pour ordonnées les valeurs de $\frac{1}{2}\frac{P}{g}V^2$ de l'effet utile produit par les gaz, ont été construites à grande échelle, savoir :

» Les abscisses de grandeur naturelle;

» Les ordonnées à raison de $0^m,0015$ pour 1 kilogrammètre.

» On en a ensuite relié les points avec le soin convenable, au moyen de règles flexibles, de manière à représenter graphiquement la loi étudiée.

» Ensuite, de centimètre en centimètre jusqu'à 300, puis de $0^m,05$ en $0^m,05$ jusqu'à 1 mètre, on a élevé, sur la ligne des abscisses, des perpendiculaires dont la rencontre avec les courbes a donné la valeur correspondante du travail moteur à l'échelle de cette courbe.

» Tous ces points de rencontre étant déterminés, on a pu ensuite considérer la courbe comme remplacée par un polygone d'un grand nombre de côtés qui, par exemple, dans nos calculs s'élevait à quarante-cinq, et pourrait, au besoin, être encore plus grand.

» Les résultats de ces calculs, appliqués à la poudre de guerre et au pyroxyle, sont consignés dans le tableau ci-contre.

» *Observation.* — Il est important de faire remarquer que les efforts moteurs, définis précédemment et déterminés par la méthode que l'on vient d'indiquer, sont toujours inférieurs aux efforts réels des gaz; mais les conclusions que l'on tirera de la discussion seront *a fortiori* applicables pour l'appréciation comparative des efforts destructeurs exercés dans les bouches à feu pour les poudres comparées.

Tableau des efforts moteurs exercés aux différents points du parcours des balles dans l'âme des canons de fusil par la poudre et par le pyroxyle.

LONGUEURS d'âme parcourues par le projectile.	EFFORTS MOTEURS correspondants déduits des résultats du tir exercés		EFFORTS MOTEURS correspondants déduits des courbes d'interpolation exercés par mètre carré		LONGUEURS d'âme parcourues par le projectile.	EFFORTS MOTEURS correspondants déduits des résultats du tir exercés		EFFORTS MOTEURS correspondants déduits des courbes d'interpolation exercés par mètre carré	
	par la poudre.	par le pyroxyle.	par la poudre.	par le pyroxyle.		par la poudre.	par le pyroxyle.	par la poudre.	par le pyroxyle.
mm	kg	kg	kg	kg	mm	kg	kg	kg	kg
10	552	1333,33	2300000	5880000	240	320	316,66	1430000	1330000
20	533,33	1316,66	2338000	5800000	250	313,3	300	1392500	1260000
30	526,66	1233,33	2320000	5530000	260	306,66	266,66	1360000	1200000
40	520	1233,33	2295000	5180000	270	300	246,66	1326000	1140000
50	513,33	1166,66	2260000	4790000	280	293,33	233,33	1290000	1085000
60	500	1000	2225000	4390000	290	286,66	213,33	1260000	1032500
70	493,33	916,66	2185000	4030000	300	266,66	200	1230000	985000
80	486,66	800	2145000	3715000	350	260	180	1087500	777500
90	480	766,66	2100000	3435000	400	266,66	133,33	960000	622500
100	473,33	700	2060000	3180000	450	190	106,66	850000	500000
110	466,66	666,66	2015000	2950000	500	173,3	93,33	752500	390000
120	456,66	616,66	1962500	2740000	550	153,3	60	665000	300000
130	450	583,03	1912500	2550000	600	133,3	53,33	582500	220000
140	433,33	533,33	1860000	2390000	650	90	40	507500	150000
150	413,33	516,66	1812500	2235000	700	86,66	20	442500	87500
160	400	466,66	1767500	2095000	750	80	6,66	390000	30000
170	380	446,66	1720000	1970000	800	73,3	—6,66	335000	—17500
180	366,66	433,33	1685000	1855000	850	66,6	—13,33	282500	—62500
190	360	400	1630000	1755000	900	63,3	—26,66	240000	—100000
200	353,33	366,66	1587500	1660000	950	60	—33,33	202500	—122500
210	346,6	350	1545000	1570000	1000	40	—36,66	185000	—147500
220	340	333,33	1505000	1480000	1035	26,66	—38	160000	—162500
230	333,33	326,66	1470000	1400000					

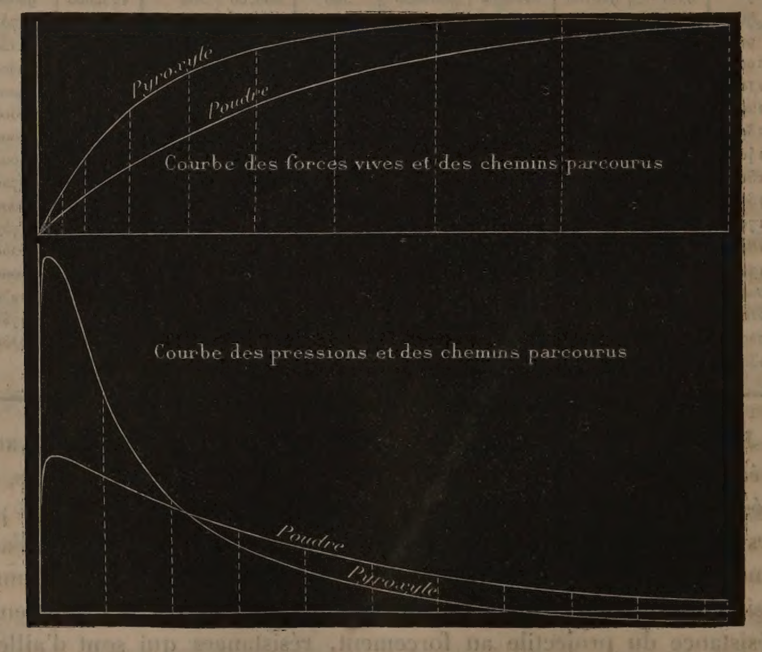
» J'appellerai plus loin l'attention sur l'importance de l'observation précédente par rapport à certaines matières explosives; mais je dois, dès à présent, ajouter que la vitesse du projectile étant très-faible aux premiers instants de son déplacement, l'influence de la résistance de l'air à ces moments est aussi peu considérable, et que la valeur trouvée pour la pression motrice intérieure n'est alors influencée que par le frottement et la résistance du projectile au forcement, résistances qui sont d'ailleurs toutes deux à peu près indépendantes de la vitesse du projectile et de la tension des gaz et restent les mêmes quand les circonstances du tir sont identiques.

» Aujourd'hui qu'il s'agit de comparer les effets de poudres d'une rapidité de combustion différente et souvent beaucoup plus lente, agissant

sur des projectiles de poids plus considérables que par le passé, qui tous doivent recevoir un mouvement de rotation en même temps qu'un mouvement de translation, et dont les uns sont libres et les autres forcés, les effets, compliqués par toutes ces causes indépendantes en partie les unes des autres, doivent être étudiés avec plus de soin que par le passé.

» Il est donc nécessaire de recourir à un moyen de discussion plus complet et qui fasse connaître les actions intérieures exercées sur une plus grande longueur d'âme.

» *Représentation de la loi de variation des efforts moteurs ou des pressions intérieures en fonction des longueurs d'âme parcourues.* — Le tableau précédent permet de construire pour la poudre et pour le pyroxyle les courbes dont les abscisses sont, en grandeur réelle, les chemins parcourus, et les ordonnées les efforts moteurs exercés à l'échelle de 1 millimètre pour 10 000 kilogrammes par mètre carré.



» On voit, à l'examen des courbes, avec quelle rapidité les tensions des gaz atteignent dans une bouche à feu leur valeur maximum pour le pyroxyle comme pour la poudre de guerre ordinaire dont les grains ont au plus $2^{mm},5$ de grosseur; mais on comprend de suite que plus les poudres seront denses et plus les grains seront gros, plus la po-

sition du projectile à laquelle ce maximum correspondra sera éloignée, et plus l'intensité de la tension correspondante sera diminuée. Dès lors on entrevoit quel rôle important jouent dans la loi du développement de ces efforts les conditions matérielles de la fabrication et à quelles erreurs graves on peut être conduit, en ne tenant compte que des réactions chimiques. C'est ce que je me réserve de mettre plus tard en évidence.

» *Vérification de l'exactitude de la représentation graphique des résultats.* — Les courbes, dont les abscisses sont les longueurs d'âme parcourues par le projectile et dont les ordonnées sont les efforts moteurs exercés, représentent par leur quadrature le travail moteur utilisé. Or, comme dans les expériences faites avec des canons de fusil sur la poudre et sur le pyroxyle les vitesses finales, les forces vives et par suite les quantités de travail utilisées ont été trouvées égales pour les charges respectivement employées, il faut donc, si les opérations graphiques ont été bien conduites, que les quadratures des courbes des efforts moteurs de la poudre et du pyroxyle fournissent à très-peu près les mêmes chiffres.

» Les quadratures exécutées ont donné les résultats suivants :

	km.
Travail moteur fourni par la poudre (8 grammes).	215,91
Travail moteur fourni par le pyroxyle ($2^{gr},86$). . . .	227,05
Travail moyen	221,48

» Il résulte de cette comparaison que les quantités de travail déduites des quadratures des deux courbes ne diffèrent du travail moyen que de 0,025 de sa valeur, ce qui suffit pour montrer que la méthode proposée peut être employée avec sécurité.

» *Observation sur la forme des courbes des efforts moteurs.* — Les chiffres primitifs et mieux encore les courbes déduites des résultats directs des expériences montrent que le travail moteur, représenté par leurs ordonnées, va sans cesse en croissant pour la poudre de guerre, à mesure que le projectile avance, et irait encore en augmentant si le canon de fusil était plus long. La même marche a lieu pour la résultante des efforts moteurs exercés sur les projectiles, comme on le voit sur les courbes. Ces efforts tendent toujours à accélérer le mouvement du projectile, même dans toute l'étendue de leur période de décroissance.

» Mais il en est tout autrement pour le pyroxyle. La courbe des forces vives indique que cette quantité atteint un maximum vers la longueur d'âme de $0^{m},77$, et qu'elle décroît au delà lentement, mais avec continuité. Il en résulte aussi que les valeurs des efforts moteurs, calculées comme on l'a dit, finissent, vers la même distance, par être nulles et deviennent ensuite négatives ; ce qui indique que la tension intérieure des gaz, allant en dimi-

nuant en même temps que la résistance de l'air a augmenté, celle-ci l'emporte sur la première, et que le mouvement, d'abord accéléré, se retarde, à partir d'une certaine distance au delà de laquelle il serait inutile d'employer une arme aussi longue pour cette matière explosive.

» Cette diminution rapide de la tension intérieure des gaz du pyroxyle tient évidemment à la condensation d'une partie des vapeurs, et en particulier de celle de l'eau, qui se produisent dans la combustion.

» *Observation sur l'intensité des efforts maxima.* — Le tracé des courbes qui représentent la loi de variation des efforts moteurs exercés par la poudre et par le pyroxyle, outre qu'il manifeste, comme nous l'avons dit, la rapidité avec laquelle ces efforts se développent, montre aussi que, dans les expériences dont il est ici question, l'effort moteur maximum des gaz était, à l'effort moyen, susceptible de fournir le même travail

Pour la poudre, dans le rapport de........ $\frac{531^{\text{kil}},13}{221^{\text{kil}},48} = 2,39$ à $1,00$;

Pour le pyroxyle, dans le rapport de....... $\frac{1334^{\text{kil}},64}{221^{\text{kil}},48} = 6,02$ à $1,00$.

» On voit, par ces nombres, à quelles erreurs énormes on s'expose quand on prétend déduire du travail total fourni par une substance explosive, ou, ce qui revient au même, de la quantité de chaleur qu'elle est susceptible de développer, une appréciation de l'intensité des efforts destructeurs qu'elle peut exercer sur les bouches à feu. L'application de la théorie mécanique de la chaleur ne peut, quant à présent, conduire à la mesure de ces efforts.

» *Détermination de la durée du trajet du projectile dans l'âme.* — La substitution, évidemment permise comme méthode approximative, d'un polygone d'un grand nombre de côtés à la courbe continue que fournit l'expérience, conduit à remplacer, dans chacun des intervalles, l'inclinaison variable de la tangente à cette courbe par l'inclinaison constante du côté de ce polygone. Or, celle-ci fournissant la valeur de l'effort moteur exercé sur le projectile, il s'ensuit que cela revient à admettre que, dans l'intervalle du parcours correspondant à deux ordonnées consécutives, cet effort F est constant, et que le mouvement du projectile de l'une à l'autre est uniformément varié.

» Dès lors, la force accélératrice pour le passage d'une ordonnée à l'autre étant $F = \frac{P}{g}\frac{dV}{dt}$ et l'accélération constante $\frac{dV}{dt} = \frac{Fg}{P}$, la loi du mouvement de transport du projectile dans cet intervalle e sera celle d'un mouvement uniformément accéléré, et en appelant e l'intervalle des deux pre-

mières ordonnées ou le chemin parcouru, t le temps correspondant, on aura d'abord, pour cet intervalle, la relation

$$e = \frac{1}{2}\frac{Fg}{P}t^2,$$

d'où

$$t^2 = \frac{2eP}{Fg},$$

et, pour chacun des autres,

$$e = Vt + \frac{1}{2}\frac{Fg}{P}t^2,$$

V étant la vitesse à la fin de l'intervalle précédent, que l'on déduira de la relation

$$\frac{1}{2}\frac{P}{g}(V^2 - V'^2) = Fe, \quad \text{ou} \quad V^2 = V'^2 + \frac{2Fg}{P}e.$$

» De l'équation ci-dessus on tirera la valeur du temps écoulé pendant le parcours d'un espace e, en vertu de la vitesse possédée par le projectile au commencement de cet espace et de la force accélératrice supposée constante F, à laquelle il est soumis pendant ce même intervalle.

» Cette recherche ne présente pas plus de difficultés que les précédentes, et n'exige que la solution d'un assez grand nombre d'équations du second degré; mais elle est plus curieuse qu'utile au point de vue des effets de balistique intérieure qu'il s'agit surtout de déterminer. Je me borne ici à en faire connaître les principaux résultats.

» La durée totale du parcours de la balle dans un fusil lisse tiré avec 8 grammes de poudre de guerre ou avec $2^{gr},86$ est

Avec la poudre, de.................... $0'',004183$ ou $\frac{1}{239}$ de $1''$
» le pyroxyle, de................. $0'',003270$ ou $\frac{1}{316}$ de $1''$

» La solution graphique que je propose aujourd'hui est loin, je le répète, d'avoir la valeur scientifique de celle que Piobert avait déduite de son analyse. Elle n'est basée que sur des considérations de mécanique élémentaire et sur des tracés géométriques, mais elle est d'une application facile et rapide et n'exige que des données expérimentales obtenues à l'aide de cinq à six bouches à feu au plus, qui, une fois consacrées à ce service, constitueraient un matériel permanent d'expérimentation.

» Il me semble donc d'un grand intérêt pour les recherches que l'Artillerie poursuit avec tant de persévérance, que des expériences analogues à celles que nous exécutâmes en 1846 et 1847 avec des canons de fusil, et à celles qui ont été faites en 1869, à Meudon, sur des canons du calibre de 70 milli-

mètres par MM. de Reffye et Pothier, soient entreprises de nouveau avec des bouches à feu des calibres en usage sur les diverses espèces de poudre étudiées. »

CHIMIE. — *Sur la cristallisation du verre;* par M. **Eug. Peligot.**

« Il existe à Blanzy (Saône-et-Loire) une verrerie à bouteilles appartenant à M. Chagot, dans laquelle on a remplacé les creusets habituellement employés pour fondre le verre par un four à cuvette de grande dimension. Ce four a été construit par M. Videau, directeur de l'usine, avec le concours de M. Clémandot, ingénieur civil, dont le nom est bien connu de l'Académie : il est chauffé aux gaz; il a $6^m,50$ de longueur sur 2 mètres de largeur; dans la cuvette, qui a $0^m,45$ de profondeur, on fond à chaque opération 12000 kilogrammes de verre. Des ouvreaux, au nombre de douze, pratiqués dans ses parois, servent au cueillage du verre et au travail des ouvriers qui soufflent les bouteilles.

» Ce four ayant été mis hors feu, il y a quelques mois, par suite d'un de ces accidents qu'un appareil d'une construction aussi neuve et aussi hardie rend inévitables, M. Videau a fait tirer à la poche le verre encore fluide dans les parties déclives de la cuvette ; ce travail a mis à découvert des géodes cristallines qui s'étaient formées pendant le refroidissement de la masse vitreuse. Ce sont ces cristaux que M. Videau, qui est un ancien élève de l'École centrale, m'a envoyés, en y joignant des morceaux du verre transparent, de l'*eau mère* qui les accompagnait et aussi des fragments d'une bouteille faite avec ce même verre dans les conditions normales ; il a pensé avec raison que l'examen de ces produits pourrait jeter quelque lumière sur le phénomène encore obscur de la dévitrification du verre.

» Les cristaux ont pris naissance d'abord aux angles du four, dont la corrosion par la matière vitreuse avait fait des points saillants ; ils se sont ensuite développés sur toute la surface, en formant une croûte qui est restée solide après la décantation du verre à la poche. Ils diffèrent beaucoup, par leur aspect et par leur mode de formation, de tous les échantillons de verre dévitrifié que j'ai vus jusqu'à présent; ceux-ci sont tantôt opaques, homogènes, ayant l'aspect d'une poterie : c'est la porcelaine de Réaumur ; tantôt sous la forme de prismes aiguillés ou de mamelons blancs emprisonnés dans le verre qui les a fournis, et dont il est impossible de les séparer complétement. Dans les remarquables échantillons que je mets sous les yeux

de l'Académie, les cristaux sont entièrement isolés, sans mélange de verre transparent; ce sont des prismes ayant quelquefois au delà de 20 à 30 millimètres de longueur. Ils se sont produits, comme les cristaux de soufre et de bismuth, que nous séparons si facilement dans nos laboratoires, de la matière encore liquide dont ils proviennent; avec cette différence, toutefois, que celle-ci est de même nature que les cristaux fournis par ces deux corps, tandis que, pour le verre, c'est précisément cette question d'identité qu'il importe d'établir ou d'infirmer.

» On sait que, depuis les premières expériences sur la dévitrification, que Réaumur publiait en 1727, bien des travaux ont été faits sur ce curieux phénomène. Sans revenir sur les expériences de Dartigues, de Pajot des Charmes, de Fleuriau de Bellevue, de Darcet, de Berzélius, de M. Dumas, de M. Pelouze, de M. Bontemps et d'autres auteurs sur ce sujet, je rappellerai que deux opinions sont actuellement en présence pour expliquer la production du verre dévitrifié : l'une consiste à admettre que la dévitrification est due à un partage des éléments vitreux, qui donne naissance à un silicate défini, cristallisant au sein de la masse restante, celle-ci ayant, par conséquent, une composition qui n'est pas celle des cristaux; dans l'autre opinion, le verre dévitrifié est de même nature que le verre transparent; il est le résultat d'une simple modification physique, analogue à celle de l'acide arsénieux transparent qui devient opaque avec le temps. En constatant que le verre, en se dévitrifiant, ne change pas de poids, on a cru donner à cette interprétation des faits observés une valeur considérable.

» L'examen des trois produits vitreux de Blanzy ne confirme pas cette dernière opinion. Voici leur composition :

	I. VERRE DÉVITRIFIÉ (en cristaux isolés).	II. EAU MÈRE (verre transparent dont les cristaux ont été séparés).	III. VERRE NORMAL (fragments de bouteille).
Silice	62,3	61,8	62,5
Chaux	22,7	21,5	21,3
Magnésie	8,4	5,4	5,6
Oxyde de fer	3,2	3,0	3,0
Alumine	2,5	2,1	2,1
Soude	0,9	6,2	5,5
	100,0	100,0	100,0

» Ces trois échantillons de verre, faits avec les mêmes matières employées dans les mêmes proportions, ne présentent, dans le rapport de leurs éléments, que des différences peu considérables; le verre normal et

le verre n° II ont sensiblement la même composition, ce qui pouvait être prévu, ce dernier étant en grande masse par rapport aux cristaux qu'on en a séparés.

» Le verre cristallisé diffère d'une manière plus sensible des deux autres produits; la magnésie s'y trouve en plus forte proportion et la soude y fait presque défaut. Ainsi, conformément aux anciennes expériences de M. Dumas, le verre dévitrifié n'a pas la même composition que le verre transparent. A la vérité, les différences sont beaucoup moins considérables, ce qui tient peut-être à ce que la nature des verres de Blanzy se rapprochait davantage de celle d'un silicate défini; en outre, les verres étudiés par M. Dumas et plus tard par M. Le Blanc ne contenaient pas de magnésie.

» Les cristaux que j'ai analysés ont été soumis à l'examen de M. Des Cloizeaux, qui n'a pas hésité à y reconnaître la forme du pyroxène, c'est-à-dire la forme du prisme oblique presque droit. Une analyse d'un verre cristallisé, faite par M. Lechartier, a été donnée par notre savant confrère dans son *Manuel de Minéralogie*, tome I, page 62. Ce produit, qu'il considère comme un diopside à base de soude, contient aussi de la magnésie; son origine n'est pas indiquée; sa composition est fort différente de celle du verre de Blanzy. Celui-ci ressemble davantage à un verre cristallisé que M. Terreil a examiné et qui provenait d'une verrerie à bouteilles de Clichy dans laquelle on faisait usage de calcaire dolomitique; aussi M. Terreil le compare à un pyroxène dans lequel une partie de la magnésie se trouve remplacée par de la soude : ce verre contient, en effet, 9,1 pour 100 d'alcalis; Ce chimiste a analysé aussi le verre transparent qui accompagnait les cristaux; il admet que, comme le verre cristallise complétement dans les creusets sans perte de matière, sa composition n'a pas changé en se dévitrifiant (1). On sait que cette opinion avait été admise antérieurement par Berzélius et par M. Pelouze : c'est aussi celle de M. Bontemps.

» M. Pelouze, auquel on doit un important travail sur cette question, tout en appuyant son opinion sur les nombreuses analyses qu'il a faites, ajoute :

« Mais de toutes les expériences, la plus simple comme la plus décisive, pour démontrer que la dévitrification consiste en un simple changement physique du verre, consiste à maintenir des plaques de verre posées sur la sole d'un four à recuire jusqu'à ce que la vitrification soit complète, ce qui a lieu après vingt-quatre ou au plus quarante-huit

---

(1) *Comptes rendus*, t. XLV, p. 693.

heures. Leur poids reste constamment le même, et, si l'on opère sur un verre blanc, de belle qualité, il est absolument impossible de distinguer autre chose que des cristaux dans la masse de verre dévitrifié (1). »

» Lors de la lecture de ce travail à l'Académie, j'avais fait observer à notre regretté confrère qu'en admettant qu'il y ait eu, dans les plaques dont il vient d'être question, production d'un silicate défini, celui-ci se trouvait emprisonné dans son eau mère dans des conditions telles que le poids et la composition de la masse ne pouvaient pas être changés. J'avais depuis longtemps remarqué que le verre dévitrifié s'altère rapidement au contact de l'air; des bandes de verre à vitre à base de potasse, dévitrifiées dans un four à moufle, deviennent humides au bout d'un certain temps; placées dans une position convenablement inclinée, elles laissent suinter des gouttelettes alcalines de carbonate de potasse; celui-ci, recueilli dans une capsule, se transforme à la longue en bicarbonate cristallisé; un morceau de glace de Saint-Gobain dévitrifiée, qui m'a été donné par M. Pelouze, se recouvre rapidement d'efflorescences de carbonate de soude. Cette plaque a présenté une autre particularité que je tiens à signaler, bien qu'elle soit la conséquence d'un autre ordre de faits, d'un changement purement physique qui tient probablement à sa texture fibreuse : c'est la faculté qu'elle a acquise de se courber à la longue sous son propre poids; placée en porte-à-faux dans le tiroir d'un meuble, elle s'est infléchie peu à peu, tandis qu'à l'origine elle avait une planimétrie parfaite, car elle avait été dressée des deux côtés par les moyens ordinaires du travail des glaces.

» Ainsi, dans ces effets dus à l'action de l'air, la dissociation des éléments du verre est rendue évidente par l'excès d'alcali devenu soluble que renferme la partie restée vitreuse : c'est le complément des résultats fournis par l'examen des cristaux que, dans d'autres conditions, on peut en séparer. A la vérité, ce caractère ne se présente pas dans l'*eau mère* de Blanzy; mais le verre normal ne contient lui-même qu'une minime proportion de soude, si bien que j'ai douté de l'exactitude de mes analyses tant que je n'ai pas eu connaissance du dosage des matières premières employées dans cette usine : on n'introduit dans la *composition*, dont la fusion exige d'ailleurs une température très-élevée, qu'une très-petite quantité de sulfate de soude.

» Une autre épreuve peut être invoquée pour établir que le verre cristallisé n'est pas de même nature chimique que le verre ordinaire; l'un

---

(1) *Comptes rendus*, t. XL, p. 1321.

fond à une température beaucoup plus élevée que l'autre. M. Clémandot a chauffé en même temps dans le four à cristal de MM. Maës, à Clichy, des fragments de verre cristallisé et, dans un autre creuset, des morceaux d'une bouteille de Blanzy; tandis que la fusion des premiers est fort incomplète, le verre normal est devenu entièrement liquide. On a constaté que, sous l'influence d'une haute température, les cristaux qui étaient opaques sont devenus transparents; ils se rapprochent davantage, sous ce rapport, des pyroxènes naturels.

» Cette dernière expérience semble être en contradiction avec un fait constaté par M. Pelouze, à savoir qu'une plaque de glace après dévitrification présente la même fusibilité qu'avant; mais ce désaccord n'est qu'apparent; dans cette plaque, les cristaux se trouvent encastrés dans un verre plus fluide, et le mélange doit présenter sensiblement le même degré de fusion que le verre non dévitrifié.

» Bien que, dans la plupart des analyses de verres transparents ou dévitrifiés, la magnésie ne soit pas mentionnée, sa présence, dans les verres d'une dévitrification facile, doit être prise en sérieuse considération, puisque le verre se transforme ainsi en un silicate analogue au pyroxène.

» On sait, en effet, que la magnésie se rencontre en quantité plus ou moins considérable dans *tous* les minéraux, si variés de nom, qui, au point de vue de la forme cristallographique, appartiennent à la famille des pyroxènes ou des amphiboles. Les minéralogistes ne s'accordent pas sur la composition de ces espèces minérales ni sur l'interprétation qu'il faut donner aux résultats de leur analyse. Dans les pyroxènes le rapport de l'oxygène de la silice à l'oxygène des bases doit être comme 2 est à 1; mais il est souvent différent. L'alumine et le sesquioxyde de fer, que ces minéraux contiennent presque toujours en assez grande quantité, doivent-ils être considérés comme des corps accidentels, étrangers à la matière pure ou purifiée, ou bien sont-ils isomorphes avec la silice, ou bien encore doivent-ils concourir comme oxydes jouant le rôle de bases au rapport que l'on établit entre l'oxygène de ces corps et celui de la silice? Ces questions ne sont pas résolues; il n'entre nullement dans le plan que je me suis tracé de les discuter.

» Je rappellerai néanmoins que dans un remarquable travail, exécuté sous les yeux et avec les méthodes de M. H. Sainte-Claire Deville et publié dans le recueil des *Mémoires de l'École Normale*, M. Lechartier a établi que, contrairement aux conclusions de M. Rammelsberg, l'amphibole et le pyroxène ont une composition différente; dans ce dernier minéral, le

rapport de l'oxygène de l'acide et de l'oxygène des bases est de 2 à 1; il est de 9 à 4 pour l'amphibole.

» Le verre cristallisé de Blanzy est plus riche en silice : le rapport pour l'oxygène est sensiblement de 3 à 1; sa composition avec l'ancienne formule de la silice serait aussi simple que possible, c'est-à-dire SiO^3RO, RO étant l'ensemble des oxydes que ce verre renferme. Avec la nouvelle formule, on a $3SiO^2, 2RO$. Ce verre contient 2 équivalents de chaux pour 1 équivalent de magnésie. Dans les pyroxènes ces rapports sont souvent inverses.

» Ces résultats ne sont qu'approximatifs, la soude, dont j'ai constaté la présence d'une manière certaine, l'alumine, l'oxyde de fer et une partie de la silice pouvant être considérés comme étant en dehors de la constitution du produit cristallisé, si l'on arrivait à l'obtenir dans un état complet de pureté.

» Je ferai une dernière remarque. Un silicate du groupe des pyroxènes s'étant produit dans les conditions habituelles de la fusion d'un verre alcalin, n'est-il pas permis de se demander si, dans les analyses si nombreuses de ces espèces minérales, la recherche des alcalis, la potasse et la soude, n'a pas été un peu négligée? Si les pyroxènes et les amphiboles ont cristallisé, par voie de fusion ignée, dans des conditions analogues à celles du verre qui se dévitrifie, ces minéraux devraient être accompagnés de gangues plus ou moins riches en alcalis; de plus, les cristaux de ces mêmes substances doivent contenir encore des traces de leur eau mère, indiquant ainsi leur mode de formation. Presque toutes les analyses de ces minéraux présentent des pertes qui sont attribuées à des substances non dosées, parmi lesquelles se trouvent peut-être les alcalis; il est également possible que ces pertes soient dues à l'emploi de procédés d'analyse incertains, d'une exécution toujours difficile. Néanmoins la présence des alcalis en très-petite quantité est quelquefois mentionnée : ainsi, dans la trémolite de Norwége, qui appartient au même groupe de minéraux, M. Lechartier indique l'existence de traces d'alcali; un échantillon non soumis aux procédés de purification qu'il décrit lui en donne 0,47 pour 100; dans la hornblende, qu'il considère comme un mélange d'amphibole et d'une matière étrangère, il en a trouvé jusqu'à 5,8 pour 100.

» Quelle est la nature exacte de cette matière étrangère? Les alcalis qu'elle renfermait à l'origine circulent-ils aujourd'hui sous forme soluble à la surface de la terre? Ces questions me semblent mériter l'attention des géologues. Lorsqu'on connaît, d'ailleurs, toutes les difficultés de ces analyses,

surtout en ce qui concerne la recherche et le dosage de la soude, on n'est nullement surpris que ce dernier corps ait été rencontré dans des substances qui n'en contiennent pas, comme dans la plupart des cendres provenant de l'incinération des plantes, tandis qu'on en méconnaît la présence dans des minéraux qui n'en sont pas exempts.

» Je reviens à l'objet technique de cette étude. Sans nier en aucune façon que tous les verres puissent se dévitrifier, j'estime que les verres riches en chaux et en magnésie, sont ceux qui se décomposent le plus facilement. J'attribue surtout à la magnésie un rôle essentiel dans ce phénomène, cette base étant fournie par le sable ou par le calcaire dont on fait usage pour former le mélange à vitrifier. A Blanzy, le calcaire d'Auxey, qui entre dans la *composition* du verre qu'on y fabrique, ne contient pas moins de 20 pour 100 de carbonate de magnésie. Bien qu'infusible par elle-même, la magnésie concourt à la fusibilité des silicates qui composent le verre, cette fusibilité étant d'autant plus grande que les bases sont plus nombreuses; mais, si l'emploi de ces calcaires magnésiens est avantageux au point de vue de l'économie du combustible, il oblige à travailler le verre avec une très-grande rapidité, de manière à éviter qu'il devienne *galeux*, qu'il commence à se dévitrifier, par suite de la formation du pyroxène qui se produit pendant la liquéfaction trop prolongée de la masse vitreuse. »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Action de l'eau sur le plomb*. Note de M. **Balard**.

« On sait, depuis bien longtemps, que le plomb est attaqué par l'eau aérée, et cependant une expérience de plus de vingt siècles a montré qu'on pouvait boire impunément les eaux naturelles qui ont été conduites et distribuées dans des tuyaux en plomb.

» En étudiant la cause de cette innocuité, on a reconnu que la présence dans l'eau de très-petites quantités de certains sels l'empêchait d'être contaminée par le métal dans lequel elle coule.

» Comment agissent ces sels? Est-ce en prévenant l'oxydation du métal ou en formant avec celui-ci, quand il est oxydé, un composé qui ne peut ni se dissoudre ni se délayer dans l'eau? C'est la question que j'ai essayé d'élucider par les expériences qui suivent.

» La matière nacrée qui se forme en très-grande abondance au contact de l'eau distillée aérée n'est que de la céruse parfaitement pure. Des expériences qui datent de longtemps m'ont prouvé plus d'une fois qu'elle

contient, pour 4 équivalents d'oxyde de plomb, 3 équivalents d'acide carbonique et 1 d'eau, composition qui représente la constitution de beaucoup de carbonates naturels ou artificiels. Cette céruse est dans un état de division extrême, et j'en ai trouvé en suspension, non appréciable à l'œil, dans une liqueur qui paraissait parfaitement filtrée.

» Ce n'est pas, comme on le fait ordinairement, en versant directement dans cette eau de l'acide sulfhydrique que j'ai constaté la présence du plomb. Les parcelles de céruse suspendues dans l'eau se colorent bien à leur surface, mais cette coloration est très-loin d'être proportionnelle à la masse réelle du composé plombique. Si l'on a le soin, au contraire, de soumettre l'eau examinée à l'ébullition, après y avoir ajouté quelques gouttes de tartrate d'ammoniaque, sel qui dissout surtout à chaud les composés plombiques insolubles (hydrate, sulfate, carbonate, phosphate, borate), l'acide sulfhydrique, précipitant alors la totalité du plomb, donne une teinte qu'on ne peut méconnaître. Elle s'affaiblit à mesure qu'on filtre l'eau au travers d'un plus grand nombre de papiers, ce qui indique bien que le phénomène est dû à une substance tenue simplement en suspension; mais de l'eau qui avait traversé sept papiers superposés contenait encore des traces de plomb, appréciables par ce mode d'expérimentation, qui, employé dans les conditions que j'indique, est d'une sensibilité extrême.

» Ce procédé m'a permis de constater que les proportions de solution saturée de sulfate de chaux et d'eau distillée, qui avaient été assignées par d'autres expérimentateurs comme la limite à laquelle le plomb cessait d'être attaqué, étaient très-notablement dépassées. Ce n'est plus de l'eau distillée, contenant 4 ou 5 centièmes d'eau saturée de sulfate de chaux qui cesse réellement d'agir sur le plomb : ce métal est altéré même par la solution saturée non étendue. Il est vrai que si l'on essaye cette eau chargée de plâtre, dans laquelle une lame de plomb a été immergée pendant vingt-quatre heures, elle ne donne point d'indice du plomb; mais si on l'agite fortement, de manière à détacher quelque chose qui pourrait exister à la surface du métal, ou à mettre en suspension un dépôt formé au fond du vase et trop faible pour être aperçu, cette eau, traitée par la méthode indiquée, manifeste très-nettement la présence du plomb. Cette expérience, qui donne les mêmes résultats quand on la répète avec l'eau contenant les autres solutions, qui semblent, comme le sulfate de chaux, garantir le plomb, prouve deux choses : d'abord que le plomb avait été attaqué dans ces différents cas, et que le résultat de cette attaque était resté for-

tement adhérent à la surface du métal. Cette surface, en effet, même en opérant avec les eaux qui paraissent les plus préservatrices, est loin de présenter le brillant du plomb nouvellement coulé.

» Il s'agit maintenant de montrer que cet aspect est dû à un composé plombique insoluble. J'ai, pour cela, découpé des surfaces égales de plomb brillant et de plomb devenu terne dans l'eau saturée de sulfate de chaux, et, plaçant chacun de ces fragments dans de l'eau distillée, additionnée de quelques gouttes de tartrate d'ammoniaque et froide, j'ai porté les deux liquides à l'ébullition. J'ai trouvé du plomb dans tous les deux. Quoiqu'il y en eût beaucoup plus en opérant avec la lame sortant de l'eau saturée de sulfate de chaux qu'avec le plomb récemment coulé, et que le sens du phénomène fût ainsi nettement indiqué, j'avais cependant le désir de constater des différences plus tranchées. J'ai alors opéré à froid. L'attaque du plomb pur par le tartrate d'ammoniaque a été moindre, quoique encore très-sensible. Mais, en opérant avec une liqueur d'où l'air avait été chassé par une ébullition de quelques minutes, je n'ai plus trouvé de métal dissous dans le liquide où j'avais mis du plomb récemment coulé, l'oxygène qui aurait pu provoquer son oxydation n'existant plus dans la liqueur, tandis qu'il y avait du plomb en quantité notable dans celle qui avait agi dans les mêmes circonstances sur le métal sortant de la solution de sulfate de chaux, le tartrate ayant trouvé là un composé plombique tout formé qu'il n'avait eu qu'à dissoudre. En laissant refroidir au contact du métal la liqueur qui, pendant son ébullition, n'avait rien enlevé au plomb récemment coulé, j'ai constaté que, au bout de quelques minutes, elle avait dissous un peu de ce métal, circonstance qui montre la rapidité avec laquelle s'exerce l'action de l'air sur le plomb sous l'influence du tartrate d'ammoniaque, provoquant la formation de l'oxyde avec lequel il va se combiner. Des expériences analogues faites avec des lames qui avaient séjourné dans de l'eau distillée contenant du sulfate d'alumine, du sulfate de magnésie (1), du bicarbonate de chaux, du carbonate et du bicarbonate de soude, m'ont donné des résultats pareils. Dans tous ces cas, la lame terne de plomb, sans prendre l'aspect brillant de celui qui vient d'être récemment coulé, a été très-sensiblement décapée.

---

(1) Le sulfate de soude ne m'a pas paru avoir la même efficacité que les sulfates terreux pour empêcher l'altération du plomb; le produit qui le forme, moins cohérent, se détache du métal avec plus de facilité. Tout au contraire, tandis que l'eau contenant du sel marin n'attaque le plomb qu'en formant à sa surface une couche continue qui se détache très-difficilement, les chlorures de calcium, de magnésium et de baryum forment des dépôts qui troublent le liquide dans lequel ils sont suspendus.

» En résumé, le plomb s'oxyde au contact de l'eau aérée. S'il trouve dans cette eau un sel avec lequel cet oxyde peut former un composé insoluble, ce composé se forme et, recouvrant le métal d'une espèce de patine fortement adhérente, il empêche l'attaque ultérieure, de même que la couche de sous-oxyde qui se forme à la surface du zinc garantit ce métal contre une oxydation plus avancée. Il suffira donc que l'eau qui séjourne dans des vases de ce métal contienne du sulfate ou du carbonate de chaux pour que l'emploi du plomb soit d'une parfaite innocuité. Pour peu, d'ailleurs, que l'eau soit incrustante, elle coulera en réalité sur une surface de carbonate de chaux.

» Mais si l'eau est pure, ou si elle contient des sels dont l'acide ne peut former un composé insoluble avec l'oxyde de plomb, tels que nitrate, acétate, formiate, etc., l'action est énergique. Elle m'a paru même exaltée par la présence de ces deux derniers sels, peut-être même par celle du nitrate de potasse; cette circonstance viendrait à l'appui de ce que me disait notre confrère M. Boussingault. Il assure que des eaux de drainage, riches en nitrates et coulant dans des tuyaux de plomb, avaient déterminé des accidents mortels.

» Il est donc important que les ingénieurs qui veulent employer ce métal pour la distribution de certaines eaux s'enquièrent avec soin de leur nature chimique. Si, dans le plus grand nombre des cas, l'eau des sources ou des rivières contient assez de sels calcaires (sulfate, carbonate) pour ne pas permettre l'altération du plomb, il n'en serait peut-être pas de même dans les localités où, par suite de circonstances géologiques, l'eau qui sort de terre n'est en quelque sorte que de l'eau distillée. Ce qui intéresse la pureté de l'eau, pureté qui ne doit pas même être soupçonnée, mériterait de devenir, dans ces localités, l'objet de quelques études spéciales. »

HYDRAULIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches cliniques et expérimentales sur les mouvements et les repos du cœur, ainsi que sur le mécanisme du cours du sang à travers ses cavités, à l'état normal;* par M. **Bouillaud.** (Extrait par l'auteur.)

I. — État antérieur de nos connaissances sur le mécanisme du cœur.

« Les nouvelles expériences sur les animaux, que nous allons bientôt rapporter, furent surtout entreprises pour confirmer un phénomène que les observations cliniques avaient déjà surabondamment démontré, savoir

que le choc de la pointe du cœur contre les parois de la poitrine a lieu pendant la systole ventriculaire, et que cette systole en est la cause essentielle. Mais, en même temps qu'elles fournirent une éclatante confirmation de ce que l'observation clinique nous avait appris à ce sujet, elles me permirent de constater un certain nombre de phénomènes nouveaux, dont la connaissance n'est pas encore du domaine public. Elles ont été faites dans le courant des mois de juillet et août 1864. Elles eurent pour témoins MM. les Drs Blachez, mon chef de clinique alors, qui tenait l'instrument; Auburtin, mon gendre; Magnac, Briant et plusieurs élèves de l'hôpital, tels que MM. Hauregard, Onimus, etc.

» Avant de nous en occuper, il ne sera pas inutile de faire connaître en quelques lignes quel était alors l'état de nos connaissances sur les mouvements du cœur. Des recherches que j'avais faites, pendant de longues années, sur les mouvements et les bruits de cet organe chez l'homme sain et malade, et de quelques expériences pratiquées chez des animaux à double ventricule, comme celui de l'homme, j'avais déduit les conclusions suivantes, qui furent publiées dans mon *Traité clinique des maladies du cœur* (1835-1841) :

» 1° Les mouvements de systole et de diastole des ventricules du cœur, très-visibles et palpables dans la région de la poitrine qui leur correspond, ressemblent à ceux d'une pompe *foulante* et *aspirante*.

» Sous ce rapport et sous plusieurs autres, on peut dire que le cœur ventriculaire constitue une pompe vivante, *foulant* le sang qu'elle contient dans le système artériel et *aspirant* ensuite celui contenu dans les oreillettes.

» 2° Les oreillettes (chez l'homme et les animaux à double ventricule) sont des espèces de réservoirs musculaires dans lesquels, comme il vient d'être dit, les ventricules puisent, *pompent* en quelque sorte le sang qu'ils lancent ou foulent dans les artères. Elles ne présentent pas des mouvements à secousses, des battements ou des coups comparables à ceux des ventricules.

» 3° Le principal, le plus énergique des mouvements du cœur (le *battement* par excellence de ce *muscle creux*), c'est la systole ventriculaire, et spécialement celle du ventricule gauche.

» 4° La systole ventriculaire est isochrone au choc du cœur contre la poitrine et au pouls des artères. C'est par elle que commence cet ensemble, cette série de mouvements et de repos du cœur, dans un temps donné, que nous désignerons désormais sous le nom de *révolution du cœur*.

» 5° Le rhythme de cette révolution, régulière comme celle d'une ai-

guille de montre autour de son cadran ou comme le jeu du pendule, nous offre les *temps* suivants : premier temps, systole ventriculaire et diastole auriculaire; deuxième temps, court ou petit repos ; troisième temps, diastole ventriculaire et systole auriculaire; quatrième temps, long ou grand repos (c'est le repos général et proprement dit du cœur).

» 6° Chez l'homme adulte, dont le cœur, chez un grand nombre de personnes, bat, comme le pouls, soixante fois par minute, une révolution du cœur ne dure par conséquent qu'une seconde, de sorte que la durée de cette révolution est précisément égale à celle de chaque mouvement d'une aiguille à secondes autour de son cadran. Le cœur est donc, à sa façon, un instrument chronométrique vivant.

II. — Définition du coeur et idée générale de son action; ressemblance de sa construction avec celle d'une pompe hydraulique aspirante et foulante.

» Le cœur est un double *muscle creux* et l'*organe central* de la grande fonction connue sous le nom de circulation du sang.

» Pour comprendre le mécanisme au moyen duquel il exécute le rôle principal dans cette circulation, il est indispensable de bien connaître tous les éléments, toutes les pièces dont il est composé. Nous ne pouvons en offrir ici qu'un rapide aperçu (1).

» Le cœur, avons-nous dit, est un muscle creux. Ajoutons que les cavités musculaires dans lesquelles est contenu le sang, au mouvement duquel le cœur concourt pour une si grande part, sont au nombre de quatre : les deux principales, celles qui constituent en quelque sorte le *corps* même du double cœur, portent le nom de *ventricules;* les deux autres, moins considérables que les précédentes, auxquelles elles semblent servir de réservoirs, sont connues sous le nom d'*oreillettes*.

» Les ventricules et les oreillettes communiquent les uns avec les autres au moyen d'*orifices* désignés sous le nom d'*auriculo-ventriculaires*. Ces orifices sont munis de *valvules*, disposées de telle sorte, qu'elles permettent un libre passage du sang des oreillettes dans les ventricules, et qu'elles s'opposent au reflux du sang des ventricules dans les oreillettes.

» Les ventricules communiquent avec les artères qui naissent de la base du cœur (aorte et artère pulmonaire) par des orifices dits *ventriculo-artériels*. Ils sont, eux aussi, garnis de valvules, disposées de telle sorte, que le sang des ventricules peut librement passer dans les artères aorte et pulmonaire, et qu'il ne peut refluer dans les ventricules.

---

(1) Cet aperçu s'applique seulement au cœur de l'homme et des animaux qui s'en approchent le plus.

» A cette description, quelque sommaire qu'elle soit, qui ne serait frappé de la ressemblance du cœur ou de l'organe central de la circulation du sang avec une pompe hydraulique, *aspirante* et *foulante ?*

» Nous allons voir maintenant si le jeu ou le mécanisme de cet organe confirme ou non l'idée que la construction anatomique du cœur fait naître dans notre esprit.

III. — Ressemblance du mécanisme du coeur avec celui d'une pompe hydraulique aspirante et foulante.

» Les expériences qui nous ont permis de constater et de démontrer la ressemblance dont il s'agit nous ayant présenté certaines différences, selon les espèces d'animaux, qui en étaient les sujets, nous les diviserons en deux catégories : la première de ces catégories comprendra les animaux dont le cœur est à un seul ventricule, et la seconde les animaux dont le cœur, comme celui de l'homme, offre un double ventricule.

Relation des expériences.

» Animaux de la première catégorie (*grenouilles et tortues*). — Ce qui frappe le plus l'attention, dès le premier coup d'œil, c'est l'ampliation, la *diastole* du ventricule, promptement suivie d'une systole vive et brusque, pendant laquelle le ventricule pâlit, en raison de sa déplétion de sang (phénomène très-visible), tantôt complète, tantôt un peu incomplète. Pendant leur systole, les oreillettes ne se vident pas aussi complétement que le ventricule pendant la sienne (chez une seule grenouille, nous avons observé une déplétion complète ou presque complète des oreillettes, de la gauche du moins, que nous avions plus particulièrement sous les yeux). Pendant la diastole de ces mêmes oreillettes, isochrone à la systole du ventricule, on les voit se remplir de sang et rougir, tandis qu'elles avaient pâli pendant leur systole (1).

» En se raccourcissant ou se contractant de toute part pendant sa systole, le ventricule se déplace sensiblement à sa pointe, qui se redresse de bas en haut. On voit très-bien encore ce déplacement lorsque, après avoir comprimé de toutes parts les oreillettes à leur point de jonction avec le ventricule, elles ne se contractent plus que faiblement et en arrière de la compression, et par conséquent ne poussent que très-peu de sang dans le ventricule. Enfin, ce mouvement de redressement de la pointe est très-visible encore lorsque le cœur, extrait de la poitrine, et les oreillettes vides, est placé sur une table, et c'est bien évidemment pendant la systole ventriculaire que toujours il s'opère.

» D'ailleurs aussi, en saisissant le cœur ventriculaire entre nos doigts, nous avons bien *senti* que son durcissement était isochrone au mouvement de redressement et de choc, nouvelle preuve que ce mouvement a pour cause la systole ventriculaire.

» Chez les tortues, dont le ventricule est très-gros, ce *durcissement* pendant sa systole,

---

(1) On n'observe ces changements de couleur dans le ventricule que chez les grenouilles, où il est transparent; mais chez les tortues, dont le ventricule est très-robuste, beaucoup plus épais, partant non transparent, on ne les voit pas.

ainsi que le resserrement de ses parois, le redressement et le choc de la pointe du cœur sont très-prononcés. . . . .

» Nous avons tous comparé le jeu du ventricule à celui d'une pompe aspirante et foulante, et telle était la force du mouvement d'aspiration, que ce ventricule, en même temps qu'il aspirait le sang des oreillettes, semblait aspirer ces oreillettes elles-mêmes (1).

» Voici dans quel ordre s'exécutait une série ou une révolution des mouvements et des repos du cœur. Pour le *ventricule* : 1° diastole avec rougissement des parois ; 2° court repos ; 3° systole avec pâlissement des parois ; 4° long repos. Pour les *oreillettes* : 1° systole avec pâlissement des parois ; 2° petit repos ; 3° diastole avec rougissement des parois ; 4° long repos.

» Par conséquent le ventricule et les oreillettes présentent le long ou le vrai repos, qui est celui du cœur tout entier : le premier après s'être constitué à l'état de systole ; les secondes après s'être constituées, au contraire, en état de diastole.

» Bien que les systoles saccadées des oreillettes soient très-manifestes, surtout chez les tortues, dont les oreillettes se soulèvent et bondissent en quelque sorte comme un corps élastique qui a frappé le sol, néanmoins les systoles du ventricule l'emportent beaucoup en force sur elles en énergie.

» Animaux de la seconde catégorie (*un cheval, un chien, trois lapins, un coq, une poule, et trois gros rats*). — Chez tous ces animaux, l'un des phénomènes les plus frappants et qui distinguent le jeu de leur cœur de celui du cœur des animaux de la précédente catégorie, c'est que les oreillettes n'offrent pas chez eux les battements visibles et palpables de systole et de diastole, que l'on observe dans celles des animaux que nous leur comparons ici. Voici, d'ailleurs, comment se sont présentés à nous les divers phénomènes d'une révolution du cœur, chez chacun des animaux à cœur biventriculaire (les rats exceptés, que nous n'avons pu suffisamment examiner).

» 1° *Coq vigoureux*. — J'ai vu le cœur glisser doucement de haut en bas et de bas en haut dans le péricarde, et imiter par ses contractions et dilatations alternatives le jeu d'une pompe aspirante et foulante, ayant pour réservoir les oreillettes. Chaque contraction ventriculaire était accompagnée du redressement en avant de la pointe de cet organe, redressement donnant la sensation d'une assez forte impulsion au doigt, ou d'une sorte de *chiquenaude*. Je ne vis ni ne sentis distinctement aucune contraction des oreillettes.

» Le cœur retiré de la poitrine battit encore quelques instants, soit *spontanément*, soit sous l'influence d'excitations artificielles. Les battements systoliques du cœur à vide donnaient lieu aussi au soulèvement de la pointe. . . .

» 2° *Lapins*. — Pendant les systoles ventriculaires, la pointe du cœur se redresse fortement. Cet organe se soulevait avec une sorte de bond, lorsqu'on frappait ses ventricules avec la pointe d'un instrument. La dilatation ou diastole ventriculaire consistait en une expansion douce, sans secousse : faibles contractions des oreillettes, beaucoup plus marquées dans les appendices auriculaires que partout ailleurs. . . .

» Dans l'une de nos expériences, nous avions à la fois sous les yeux les cœurs d'un lapin

---

(1) On distinguait très-facilement les uns des autres les mouvements ci-dessus décrits, en raison du peu de rapidité avec laquelle s'exécutait leur série. Chez les grenouilles, elle s'exécutait 40 à 50 fois par minute (chez quelques-unes 64, 80, 84). Chez les tortues, cette série ne s'opérait que 28 à 32 fois par minute.

et de quatre grenouilles, ce qui nous permettait un facile examen des mouvements *comparés* du cœur du premier et du cœur des secondes. Il était frappant pour tous les spectateurs, d'une part, que les mouvements des oreillettes du cœur du lapin étaient bien moins sensibles à la vue que ceux du cœur des quatre grenouilles, et, d'autre part, que la différence entre la force relative des battements des ventricules et des oreillettes, chez les grenouilles, n'était pas très-grande, tandis qu'elle était vraiment énorme entre la force relative des ventricules et des oreillettes chez le lapin.

» 3° *Un gros chien blanc.* — Nous avons vu, pendant plus d'une demi-heure, le cœur (il avait environ le volume du cœur d'un jeune homme de 15 à 16 ans) battre, soit libre soit pris dans notre main, soit dans sa position normale, soit dans une position renversée. J'ai bien constaté, en tenant ainsi le cœur dans ma main, que le mouvement de la diastole ventriculaire était très-notablement moins fort que celui de la systole de même nom. Pendant cette dernière, la pointe du *ventricule gauche* présentait, de la manière la plus évidente, un mouvement de projection (c'est le mouvement de recul démontré par une ingénieuse expérience de Hiffelsheim), et donnant au doigt qui la touchait une chiquenaude, assez forte pour imprimer à ce doigt un soulèvement visible à tous les spectateurs. La systole du ventricule droit, très-distincte d'ailleurs, ne concourait nullement à cette projection de la pointe en avant, partant au choc contre la paroi de la poitrine.

» Vainement nous avons regardé dans tous les sens les oreillettes : nous n'avons pu y voir de mouvements brusques, saccadés, de systole, comparables à ceux des ventricules; les appendices auriculaires eux-mêmes étaient immobiles. Je les ai fortement comprimés et vidés ainsi complétement du sang qu'ils contenaient. Abandonnés ensuite à eux-mêmes, ils se sont remplis de nouveau de sang, sans mouvements brusques, mais à l'instar d'une ventouse élastique en caoutchouc qui se remplit après avoir été vidée. Les oreillettes restaient constamment remplies de sang et semblaient vraiment jouer le rôle de simples réservoirs à parois musculaires, partant *contractiles* et *élastiques*, mais se contractant lentement et sans secousse.

» Un tube de verre ayant été introduit dans l'artère carotide ouverte, le sang s'est élancé par saccades isochrones aux systoles du ventricule gauche (et il en a été ainsi lorsque le tube a été enfoncé dans la cavité même de ce ventricule).

» J'ai pris alors de nouveau le cœur dans ma main, je l'ai fortement comprimé, et, sous cette sorte de *systole manuelle*, le sang s'est élancé du tube avec une force redoublée, parcourant ainsi, en décrivant une parabole rutilante, une distance à peu près double de celle qu'il parcourait sous sa systole propre.

» Le cœur extrait de la poitrine, ses ventricules ont continué de battre assez longtemps, *ses oreillettes restant vides et immobiles*. Alors encore tous les spectateurs ont vu distinctement le mouvement de redressement et de choc de la pointe du cœur; aussi ne pouvaient-ils trop s'étonner que ce mouvement ait pu être attribué à la projection du sang par l'oreillette dans la cavité ventriculaire. Comment, en effet, attribuer à cette action un mouvement qui subsistait lorsque l'oreillette était vide de sang et ne battait plus (1)?

---

(1) Cette expérience fut faite à l'École vétérinaire d'Alfort, où nous nous rendîmes, MM. les D[rs] Auburtin, Blachez, Lefèvre et Magnac et moi. Nous y fûmes gracieusement reçus par M. le professeur Bouley, alors Directeur, et par MM. les professeurs Magne et Colin, qui voulut bien tenir le scalpel.

» 4° *Un gros cheval.* — Le jeu du cœur mis à nu, spectacle des plus intéressants, commence par la systole ventriculaire. Pendant cette contraction, la masse ventriculaire rebondit en quelque sorte et s'élance contre la paroi pectorale. Si l'on applique le doigt sur le ventricule gauche pour s'opposer à ce mouvement, il lui faut un assez grand effort pour le vaincre (dans cet état de contraction, le plissement des fibres musculaires est très-prononcé); au mouvement de rebondissement et de choc succède un mouvement de retrait, et à celui-ci un temps de repos; après celui-ci reviennent coup sur coup (1) les deux mouvements de systole et de diastole ventriculaires. Cette révolution s'accomplit avec une régularité *astronomique, mathématique*, semblable à celle du balancier d'une pendule.

» Si l'on porte un regard attentif sur les oreillettes qui, par rapport aux ventricules, forment une si petite partie de la masse totale du cœur, on n'y voit aucun mouvement semblable à ceux des ventricules : à peine voit-on quelques oscillations de l'appendice auriculaire.

» Pendant plusieurs minutes, lorsque le cheval ne vivait plus qu'à la faveur de l'insufflation pulmonaire, les phénomènes que nous venons de signaler se sont opérés avec une précision, une régularité, une constance qui ne laissaient rien à désirer.

» La pointe du cœur ayant été incisée, on a vu, à chaque systole ventriculaire, un jet de sang s'élancer par la plaie, absolument comme par une artère ouverte. Ce jet saccadé de sang cessait avec la systole indiquée, recommençait avec elle, absolument comme, dans une pompe foulante, le liquide contenu dans le corps de pompe s'élance au moment de foulement ou, si j'ose le dire, de *systole*, imprimé à cet instrument (2).

» Chez tous les animaux de cette catégorie, la révolution du cœur commence par la systole ventriculaire, qui en constitue le *premier temps*. Le second temps consiste en un court ou petit repos. La diastole est le troisième temps, et un repos plus prolongé que le premier est le *quatrième* et dernier *temps*.

Conséquences générales et particulières des expériences.

» La ressemblance que nous avons trouvée entre le cœur et une pompe *aspirante* et *foulante*, sous le rapport de leur *construction*, ne se trouve donc point démentie, quand on les compare sous le rapport de leur *fonctionnement*, et il ne pouvait, en effet, en être autrement. Mais, ce qui établit une différence capitale, le cœur, la pompe *vivante*, ne réclame pas, pour l'exercice de ses mouvements, comme les pompes créées par les mains de l'art, une force étrangère : cette pompe vivante est *automotrice*.

» Une des conséquences les plus curieuses et les plus nouvelles de

(1) Un repos instantané existe toutefois entre la systole et la diastole.

(2) Le doigt appliqué sur la région du cœur correspondant aux valvules fait sentir, de la manière la plus distincte, le mouvement brusque de redressement et de rapprochement des valvules. Introduit dans un orifice auriculo-ventriculaire, le doigt éprouve une forte pression de toutes parts pendant la systole ventriculaire, serrement qui disparaît aussitôt que cesse la systole.

nos expériences, c'est que, contrairement à la doctrine, les révolutions du cœur ne commencent pas par les mêmes mouvements dans deux catégories d'animaux. Comme chez l'homme, elles commencent par la systole ventriculaire et la diastole auriculaire dans ceux dont le cœur, à l'instar de celui de l'homme, se compose de deux ventricules et de deux oreillettes. C'est, au contraire, par la diastole ventriculaire et par la systole auriculaire qu'elles débutent chez les animaux dont le cœur est univentriculaire.

» Toutes prouvent, d'ailleurs, qu'à l'instar des artères le cœur est un instrument à quatre temps, dont deux mouvements et deux repos. Si donc on donne le nom de *pouls* à ses battements, ainsi qu'on le fait pour les battements des artères, le pouls du cœur, à l'état normal, est *dicrote*, comme celui des artères, et non *monocrote*, contrairement à la doctrine universellement enseignée jusqu'ici.

IV. — Forces motrices et puissance coordonnatrice du cœur.

» Considérés dans le cœur lui-même, ses mouvements coordonnés s'opèrent sous l'influence de deux forces, de deux propriétés, si l'on veut, connues sous les noms de *contractilité* et d'*élasticité*.

» Nous venons de dire, plus haut, que la pompe cardiaque était *automotrice*. Il ne faut pas se méprendre sur le sens de cette expression : elle signifie seulement que le cœur se meut, sans emprunter, à l'exemple des pompes artificielles, une force étrangère. Mais nous n'avons pas prétendu assurément que cette force fût tellement *infuse*, ou *inhérente* à sa propre substance, qu'il pût se passer de cette force nerveuse, sans laquelle ne peut se mouvoir nul autre muscle, soit de la vie *animale*, soit de la vie *organique*. Aussi est-il pourvu, lui aussi, d'un appareil nerveux, qui lui vient du système ganglionnaire et du pneumogastrique. Comme les artères, le cœur possède donc des nerfs moteurs (1), et ses mouvements *coordonnés*,

---

(1) M. le docteur Édouard Fournié a, dans ces derniers temps, donné le nom de *motricité* à la *propriété* spéciale que possèdent les nerfs moteurs :

« Le système nerveux, dit-il, ne possède pas seulement une propriété *excitatrice*. Soit qu'il s'agisse d'un mouvement, soit qu'il s'agisse d'une sensation, ce qui s'est passé dans les nerfs avant la contraction ou la sensation, n'est pas de l'excitation, mais bien le mouvement d'*activité propre aux fibres nerveuses*; c'est, en un mot, leur propriété physiologique, propriété qui est incapable de se montrer directement, sur place, dans les conduits nerveux eux-mêmes, mais qui manifeste ses caractères distinctifs dans les effets qu'elle produit. Ces effets sont différents selon les points où aboutissent les fibres nerveuses, et il est assez naturel d'attribuer à chacun des effets différents le nom d'une propriété différente : *motricité*

ainsi que tous les autres de la même classe, tels que ceux de la respiration, de la marche, de la voix et de la parole, etc., sont régis par un centre nerveux spécial. Mais les mouvements du cœur, comme tous ceux qui sont exclusivement dus à l'influence du grand sympathique, ne sont pas soumis à l'empire de la volonté, ni perçus par la conscience ou le *sensorium commune* : ils sont *involontaires* et *inconscients*.

» Si l'on me demande maintenant quelle est la cause suprême de cet ordre, de cette harmonie *préétablis* que nous admirons dans les révolutions du cœur, je ne saurais mieux faire que de renvoyer, en ce qui concerne ce problème si délicat et si transcendant, à Galien, à Harvey, à Lower, et à l'auteur de l'article Coeur de l'*Anatomie descriptive* de Bichat.

V. — MÉCANISME DU PASSAGE DU SANG A TRAVERS LES CAVITÉS DU CŒUR VENTRICULAIRE.

» Chez les animaux de notre première catégorie, dont la révolution du cœur commence par la systole des oreillettes et la diastole du ventricule, nous avons vu, à la faveur de la transparence des parois du ventricule, une ondée de sang passer dans sa cavité et s'en échapper sous l'impulsion de la systole de ce ventricule. Ce passage du sang dans la cavité ventriculaire ressemble exactement à celui d'un liquide à travers le corps d'une pompe aspirante et foulante, mais à la condition d'admettre que la réplétion de cette cavité s'opère, du moins en partie, sous un effort d'aspiration du ventricule.

» Chez les animaux de la seconde catégorie, dont la révolution du cœur, comme chez l'homme, commence par la systole des ventricules, l'ondée sanguine qu'ils contiennent alors est *foulée* ou lancée dans le système artériel au moyen de cette systole, et de là ces jets saccadés de sang qui s'échappent d'un artère ouverte Aussitôt achevée, cette systole est suivie d'une diastole en vertu de laquelle une nouvelle ondée de sang, venant des oreillettes, remplit les ventricules.

» Le jeu des valvules du cœur est une condition nécessaire du passage du sang à travers la cavité ventriculaire, comme le jeu des soupapes d'une pompe hydraulique ordinaire est nécessaire à l'entrée et à la sortie du liquide qu'elle est destinée à mouvoir.

» Les valvules auriculo-ventriculaires sont disposées de manière à laisser un libre passage au sang qui vient des oreillettes pendant la diastole ven-

---

pour les fibres qui déterminent la contraction des muscles, *impressionnabilité* pour celles qui provoquent la sensation. »

triculaire, et à empêcher son reflux pendant la systole ventriculaire. Pendant celle-ci, les valvules ventriculo-artérielles s'abaissent pour permettre le passage du sang dans les artères, et elles se redressent pour s'opposer au reflux du sang pendant la diastole ventriculaire. »

ASTRONOMIE. — *Observations faites à l'Observatoire de Toulouse.* Note de M. F. TISSERAND.

Eclipses des Satellites de Jupiter, 1874 (1).

DATE de l'observation.		SATELLITE.	PHÉNOMÈNE.	OBSERVATEUR.	INSTRUMENT.	TEMPS MOYEN de Toulouse.	TEMPS de la Connaissance des Temps.	CORRECTION de la Connaissance des Temps.
						h m s	h m s	m s
Janvier	4	I.	Disparition.	T.	A.	17. 0.50,1	17. 3.48	+ 0.33
»	13	I.	Disparition.	T.	A.	13.22. 7,6	13.25. 9	+ 0.30
»	13	I.	»	P.	B.	13.22. 3,8	13.25. 9	+ 0.06
»	13	IV.	Disparition.	T.	A.	18.34.23,9	18.41.37	— 3.42
»	23	III.	Réapparition.	T.	A.	13.55.10,6	13.53.54	+ 4.48
»	25	II.	Disparition.	P.	B.	16.44.41,9	16.47.18	+ 0.55
»	25	II.	»	T.	A.	16.44.41,0	16.47.18	+ 0.54
»	29	I.	Disparition.	T.	A.	11.36.40,1	11.3).36	+ 0.35
»	29	I.	»	P.	B.	11.36.29,1	11.39.36	+ 0.24
»	30	IV.	Disparition.	P.	B.	12.33.56,4	12.41.30	— 4. 3
»	30	IV.	»	T.	A.	12.33.20,9	12.41.30	— 4.38
»	30	III.	Disparition.	P.	B.	14.44. 1,6	14.43.59	+ 3.34
»	30	III.	»	T.	A.	11.44.21,0	14.43.59	+ 3.53
»	30	IV.	Réapparition.	T.	A.	15.32.33,8	15.34. 6	+ 1.59
»	30	III.	Réapparition.	T.	A.	17.51.24,6	17.50.23	+ 4.33
Février	5	I.	Disparition.	T.	A.	13.29.38,3	13.32.45	+ 0.24
»	5	I.	»	P.	B.	13.29.43,8	13.32.45	+ 0.30

MÉTÉOROLOGIE. — *Observation de l'aurore boréale du 4 février 1874, à Toulouse.* Note de M. F. TISSERAND.

« Le 4 février, à $7^h 45^m$ du soir, une aurore boréale a été aperçue de l'Observatoire de Toulouse, par M. Perrotin, dans les circonstances suivantes :

(1) Les observations ont été faites par M. Tisserand et par M. Perrotin, aide-astronome à l'Observatoire; ces observateurs sont désignés respectivement par les lettres T et P. Les instruments dont on s'est servi sont, d'une part, une lunette A de $0^m,11$ d'ouverture; de l'autre, une lunette B de $0^m,15$ d'ouverture. La longitude de l'Observatoire de Toulouse a été supposée égale à $3^m 31^s,0$.

» Le ciel était très-beau; le phénomène a commencé par l'apparition, du côté du point nord de l'horizon, d'une grande quantité de lumière diffuse qui augmentait sans cesse, mais en s'étendant plus en azimut qu'en hauteur. Cinq minutes après environ, trois faisceaux lumineux se détachaient très-distinctement : celui du milieu s'élevant à une hauteur de 25 à 30 degrés; les deux autres, symétriques par rapport à celui-ci; tous les trois semblant diverger d'un point situé assez bas au-dessous de l'horizon. Presque en même temps se formait un quatrième faisceau émanant du même point que les premiers et passant par les étoiles δ et η de la Grande Ourse.

» A ce moment, toute la portion du ciel, comprise entre la tête du Dragon et la queue de la Grande Ourse, était assez vivement illuminée et les belles étoiles de cette région disparaissaient presque complétement. L'intensité a été ensuite en diminuant; les faisceaux, s'élargissant de plus en plus, n'ont pas tardé à se confondre, et l'on vit reparaître la lumière diffuse qui avait signalé le commencement du phénomène. A ce moment même se formait un nouveau faisceau, divergeant toujours du même point et aboutissant à α Cygne; son éclat, moindre du reste que celui des premiers, a éprouvé, à deux reprises, des variations sensibles. Le phénomène a duré environ un quart d'heure. »

M. le général Didion fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : « Expression du rapport de la circonférence au diamètre et nouvelle fonction ».

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui doit être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique, pour la Chaire d'Embryogénie comparée, vacante au Collége de France.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du premier candidat, le nombre des votants étant 49,

M. Gerbe obtient.	25	suffrages.
M. Balbiani.	23	»
M. Dareste.	1	»

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du second candidat, le nombre des votants étant 48,

M. Balbiani obtient. . . . . 35 suffrages.
M. Dareste. . . . . 11 »

Il y a deux bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée par l'Académie à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Gerbe**.
En seconde ligne. . . . . M. **Balbiani**.

MÉMOIRES LUS.

VITICULTURE. — *Sur un moyen de préserver les vignes menacées par le Phylloxera*. Note de M. **de La Vergne**.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« J'ai l'honneur de porter à la connaissance de l'Académie le résultat des études que j'ai faites dans le but de découvrir un bon moyen de préserver les vignes des atteintes du Phylloxera.

» Du jour (15 juillet 1868) où MM. Planchon, Sahut et Bazille eurent découvert l'insecte qui cause la maladie nouvelle de la vigne, la viticulture était, ce me semble, en possession des faits essentiels dont l'étude pouvait la conduire sûrement à la découverte d'un moyen de salut; car elle connaissait la cause efficiente du mal et ses modes de propagation. Les foyers d'infection dans une parcelle de vigne déterminée, par leur élargissement continu et progressif autour du point d'attaque initial, sans épargner une seule souche, indiquaient assez la propagation souterraine que l'insecte exécute en passant des racines d'un cep à celles d'un cep voisin. Les foyers d'infection qui, dans la même parcelle, s'établissent, à divers intervalles de temps et d'espace, indiquaient plus ou moins la propagation par cheminement à la surface du sol, et les foyers successivement établis à des distances plus ou moins considérables les unes des autres, dans la même contrée ou dans différentes régions, faisaient admettre nécessairement la propagation par le vol de l'insecte, s'il avait des ailes et si ces ailes pouvaient lui servir pour voler ou par les courants d'air.

» Nul, que je sache, n'a contesté, même au début des études sur le Phylloxera, l'existence de ces divers modes de propagation. En ce qui me concerne, je l'ai affirmée et démontrée dans mes écrits, dès le mois de juillet 1869. Au surplus, M. Faucon et plusieurs autres après lui ont constaté *de visu*, en 1872 et depuis, la propagation par cheminement à la surface du sol.

» La voie ordinaire par laquelle le Phylloxera émigre du cep pour immigrer vers les racines d'un autre cep semble se trouver dans l'intervalle qui existe fréquemment entre la terre et la tige de l'arbuste. Il a peut-être d'autres voies, les fentes ou crevasses que la sécheresse détermine dans le sol; les galeries que les animaux fouisseurs ouvrent de tous côtés; les chemins que lui font les racines des herbes croissant autour des ceps; enfin les vides que laissent autour des mottes de terre les façons que la vigne reçoit. En présence de ces faits bien connus, j'ai toujours cru pouvoir dire que, s'il n'était pas facile de découvrir promptement un moyen de chasser le Phylloxera des ceps qu'il occupait, il serait du moins possible de l'empêcher d'envahir les ceps où il n'était pas. Et, si j'avais eu le malheur de posséder près de mon vignoble du Médoc un champ d'expérimentation commode, je serais venu plus tôt apporter à l'Académie la Communication d'un moyen de préservation, que j'ai l'honneur de lui faire aujourd'hui. Voici quel est le procédé préventif que je pratique dès à présent et que je conseille de pratiquer sur de grandes étendues :

» Lorsque la vigne est déchaussée selon l'usage ordinaire, mais plus exactement, un ouvrier, homme, femme ou enfant, saisit la tige du cep au ras de terre et en détache, en un tour de main, les fortes écorces, à l'aide d'une lame de bois dur ou de fer, il éloigne du pied de la tige les écorces qu'il a pu y faire tomber, et, en pressant sur son outil, il creuse dans le sol, tout autour du tronc, une rigole de 1 à 2 centimètres de largeur et d'autant de profondeur. Un ouvrier suit le premier, en prenant dans un vase, avec un gros pinceau, du coaltar qu'il laisse tomber dans les rigoles circulaires et dont il badigeonne la tige du cep sur la partie, d'environ 10 centimètres de hauteur, d'où les grosses écorces ont été détachées. On chausse la vigne à la suite de cette dernière opération. Ce traitement doit être appliqué à tous les ceps d'une parcelle entière, sans distinction de ceux qui ont le Phylloxera ou de ceux qui ne l'ont pas.

» S'il y existe déjà des foyers d'infection, il faut les extirper ou les isoler, en faisant un sacrifice assez large pour n'avoir pas à regretter plus tard d'avoir laissé un seul cep en dehors.

» Dans le cas où l'on se borne à pratiquer l'isolement, on creuse, avec un outil spécial, jusqu'au sous-sol, une tranchée de 10 centimètres de largeur. On fait ces opérations pendant l'hiver ou lorsque la terre a été mouillée naturellement ou artificiellement. Dans ces circonstances, on peut extirper les racines et les brûler, sans avoir à craindre que les insectes, qui sont engourdis en hiver et qui ne peuvent pas se déplacer dans la terre mouillée, s'enfuient pour aller s'établir ailleurs.

» La tranchée doit être remplie, à mesure de son exécution, de sable tassé ou de terre coaltarée.

» Le sulfure de carbone, encore à l'étude comme moyen curatif, pourra, j'espère, rendre de grands services pour l'isolement des foyers d'infection. On en fera usage, en creusant jusqu'au sous-sol, à l'aide d'un pal de fer, des trous au fond desquels on introduira 100 grammes de sulfure de carbone, et qu'on bouchera avec de la terre tassée.

» Le coaltar se recommande à la fois par ses émanations, qui éloignent ou tuent les insectes, et par sa viscosité qui les capte. On s'en sert utilement en l'appliquant en larges anneaux sur la tige des arbres, pour empêcher beaucoup d'insectes de monter aux branches ou d'aller s'établir dans la terre au pied du tronc.

» La propriété d'absorber, à cause de sa couleur, la chaleur solaire, propriété qu'on paralyse en le recouvrant d'un lait de chaux, est ici sans effet à cause de la terre dont le chaussage de la vigne le recouvre exactement. Le coaltar est d'un bas prix, et les opérations que j'ai décrites pour son application s'exécutent rapidement par les ouvriers les plus faibles et les moins chers. L'application du coaltar aux vignes ne coûtera pas autant qu'un soufrage bien fait.

» J'ai exposé les détails et la raison de la pratique que je conseille dans une Instruction qui vient d'être imprimée, et dont je prie l'Académie de vouloir bien accepter l'hommage. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE. — *Mémoire sur le Problème des trois Corps;* par M. E. MATHIEU.

(Commissaires précédemment nommés : MM. Bertrand, Serret, Bonnet.)

« Dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, le 10 novembre 1873, et dont un extrait a paru dans les *Comptes rendus*

(t. LXXVII, page 1071), j'ai démontré comment ce problème dépendait de huit équations canoniques

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{dH}{dp_i}, \quad \frac{dp_i}{dt} = -\frac{dH}{dq_i} \quad (i = 1, 2, 3, 4),$$

dont on peut tirer l'intégrale des forces vives, et dont on pourrait éliminer immédiatement le temps, qui n'entre que par dt. L'expression de la quantité H y est donnée, ainsi que la signification géométrique des quantités

$$q_1 = r, \quad q_2 = r_1, \quad q_3 = \alpha, \quad q_4 = \alpha_1,$$
$$p_1 = m\frac{dr}{dt}, \quad p_2 = m_1\frac{dr_1}{dt}, \quad p_3 = G_1, \quad p_4 = G.$$

» J'ai montré comment on pouvait déterminer, à chaque instant, le triangle dont les sommets sont sur les trois Corps, l'axe instantané de rotation L autour duquel tourne le plan du triangle, le déplacement infiniment petit de cet axe, enfin l'angle infiniment petit dont ce plan tourne dans cet instant. J'en ai conclu ensuite que le plan du triangle roule, sans glisser, sur un cône dont j'ai donné l'équation différentielle; mais, pour fixer d'après ce cône la position du triangle dans l'espace, j'ai employé une équation différentielle du second ordre dont on peut s'affranchir.

» En général, pour fixer la position du triangle, on peut concevoir un plan Π passant par le corps fixe M, et une droite fixe A menée par M dans ce plan. Le plan P du triangle le rencontre suivant une droite S qui fera avec la droite A un angle σ; soit ensuite U l'angle de P avec Π, et soit ν l'angle de S avec l'axe L de rotation. Il suffira de déterminer les trois éléments U, σ, ν. Or les résultats prennent une forme extrêmement simple, si l'on choisit pour Π le plan invariable de Laplace. Alors on a

$$\nu = \alpha_1 + \beta,$$

β étant l'angle du rayon vecteur r avec l'axe de rotation, quantité que l'on calcule très-facilement d'après ce que j'ai indiqué; on a ensuite

$$\cos U = \frac{G + G_1}{C},$$

C^2 étant la constante provenant de la somme des carrés des intégrales des aires; enfin on obtient σ par une quadrature, d'après la formule

$$d\sigma = \frac{C}{\sin^2(\alpha_1 - \alpha)}\left(\frac{\sin^2\alpha}{mr^2} + \frac{\sin^2\alpha_1}{m_1 r_1^2}\right) dt.$$

» En Astronomie, on imagine que les orbites des corps célestes sont des ellipses dont la forme et la position varient à chaque instant; cette concep-

tion n'a d'utilité qu'à cause du peu de grandeur des variations de ces orbites, mais elle ne saurait être supprimée en Astronomie. Or ma théorie permet de déterminer très-facilement, au moyen des quantités qui y sont recherchées, les orbites de deux planètes tournant autour du Soleil, en ayant égard à leurs actions mutuelles.

» Après avoir obtenu les huit équations canoniques, on est porté à croire que, si l'on ajoutait les huit intégrales de ces équations aux trois intégrales des aires, on obtiendrait onze intégrales distinctes; mais on tomberait ainsi dans une grave erreur. En effet, dans la solution que je donne du problème des trois Corps (voir *Comptes rendus* cités), j'imagine que l'on ait trouvé les intégrales du système canonique et, après y avoir ajouté l'équation résultant de la somme des carrés des trois intégrales des aires, j'achève la solution du problème par des considérations purement géométriques, c'est-à-dire sans faire intervenir aucun principe de Mécanique. Or il est évident que ma solution doit dépendre des trois équations des aires; il en résulte que deux combinaisons des trois équations des aires doivent être renfermées dans le système des équations canoniques.

» Cependant cette proposition est assez importante pour qu'on désire en avoir une démonstration directe, et d'autant plus qu'il ne suffit pas de savoir que deux combinaisons des équations des aires sont contenues dans les équations canoniques; il importe encore de savoir en quelle manière elles y sont renfermées. Or je suis parvenu à combiner les équations des aires, de manière à obtenir les deux équations suivantes :

$$
\begin{aligned}
0 = {} & \frac{dG}{dt} + \frac{dG_1}{dt} \\
& + \frac{C^2 - (G+G_1)^2}{\sin^3(\alpha_1 - \alpha)} \left[\sin\alpha \sin\alpha_1 \left(\frac{1}{mr^2} - \frac{1}{m_1 r_1^2} \right) - \left(\frac{\sin^2\alpha}{mr^2} - \frac{\sin^2\alpha_1}{m_1 r_1^2} \right) \cos(\alpha_1 - \alpha) \right],
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
0 = {} & \frac{sm(\alpha - \alpha_1)}{C^2 - (G+G_1)^2} \left(\frac{\sin^2\alpha}{mr^2} + \frac{\sin^2\alpha_1}{m_1 r_1^2} \right) (G + G_1) \left(\frac{dG}{dt} + \frac{dG_1}{dt} \right) \\
& + \left(\frac{\sin\alpha \sin\alpha_1}{mr^2} + \frac{\sin^2\alpha_1 \cos(\alpha_1 - \alpha)}{m_1 r_1^2} \right) \frac{d\alpha}{dt} \\
& - \left(\frac{\sin\alpha \sin\alpha_1}{m_1 r_1^2} + \frac{\sin^2\alpha \cos(\alpha_1 - \alpha)}{mr^2} \right) \frac{d\alpha_1}{dt} \\
& + \frac{\sin\alpha \sin\alpha_1}{mr^2 m_1 r_1^2} (G - G_1) + \frac{G \sin^2\alpha_1 \cos^4(\alpha - \alpha_1)}{m^2 r^4} - \frac{G_1 \sin^2\alpha_1 \cos(\alpha_1 - \alpha)}{m_1^2 r_1^4}.
\end{aligned}
$$

» Quand on a obtenu ces deux équations, il n'y a plus aucune difficulté à vérifier qu'elles sont des combinaisons de quatre des équations du système canonique. Ainsi se trouve démontré, de deux manières, un point sur lequel plusieurs géomètres se sont trompés. »

PHYSIQUE. — *Sur la résistance des tubes de verre à la rupture.* Note de M. L. Cailletet.

(Commissaires : MM. H. Sainte-Claire Deville, Desains.)

« En continuant mes expériences sur la compressibilité des gaz, j'ai été amené à rechercher de quelles quantités se déforme un cylindre creux en verre, soit qu'on le comprime intérieurement, soit qu'on exerce des pressions sur ses parois extérieures.

» L'appareil que j'emploie est un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, en forme de calotte sphérique, et qui porte soudé à son autre extrémité un tube capillaire. Cette sorte de thermomètre se remplit, soit de mercure, soit d'un liquide coloré. Lorsqu'on veut mesurer la déformation que subit l'enveloppe dans le cas d'une compression exercée sur ses parois extérieures, il suffit, par un procédé plus facile à employer qu'à décrire, de mastiquer le tube dans un ajutage de cuivre qui s'adapte sur le tube-laboratoire de mon appareil à pression.

» Lorsqu'on foule de l'eau dans le tube-laboratoire, le réservoir se comprime et le liquide coloré monte dans le tube capillaire. En déterminant préalablement, par des pesées de mercure, les volumes du réservoir et du tube capillaire, il est facile de savoir de quelle quantité varie le volume du réservoir pour une pression donnée. Pour déterminer l'augmentation que subit le réservoir, dans le cas où la pression est exercée intérieurement, je me suis servi d'un procédé qui avait déjà été employé par M. Jamin, dans ses recherches sur la compressibilité des liquides, ainsi que je l'ai récemment appris. Ce procédé, très-exact, consiste à renfermer le réservoir dans un cylindre de verre soudé à un tube capillaire ; en remplissant avec un liquide coloré l'espace compris entre les deux tubes, le liquide s'élèvera dans le tube capillaire, lorsqu'il sera poussé par la dilatation de l'enveloppe.

» J'ai expérimenté sur des tubes d'épaisseurs et de diamètres différents; je ne rapporterai, dans cette Note, qu'un petit nombre des résultats que j'ai obtenus.

» Un réservoir de verre mince, $0^{mm},55$, et de 17 millimètres de diamètre total, s'est écrasé sous une pression de 77 atmosphères. Il suffirait de développer dans son intérieur une pression de 38 atmosphères pour le briser. Un réservoir de verre blanc ordinaire ayant :

Diamètre intérieur..................	$9^{mm},05$
Épaisseur du verre..................	$1^{mm},05$
Volume..........................	$6^{cc},996$

a été comprimé sur ses parois extérieures; le liquide qu'il contenait s'est élevé dans le tube capillaire, à

20	atmosphères,	de 6	millimètres
40	»	12	»
60	»	18	»

soit de 6 millimètres pour 20 atmosphères, avec une erreur d'environ $\frac{1}{2}$ millimètre, qui provenait sans doute des indications fournies par mes manomètres. L'expérience a été poussée jusqu'à 460 atmosphères, et l'élévation du liquide est restée, jusqu'à la fin de l'expérience, proportionnelle à la pression. Dans l'expérience que je viens de rapporter, le coefficient de compressibilité de l'enveloppe était de 0,0000013 pour 1 atmosphère.

» Le même réservoir comprimé intérieurement à 104 atmosphères s'est brisé. Les éclats sont très-réguliers de formes et de dimensions; les cassures sont dirigées suivant les génératrices du cylindre.

» J'ai recherché si l'enveloppe subissait une déformation permanente sous des pressions élevées. J'ai toujours constaté que le liquide reprenait son niveau primitif lorsque la pression était supprimée; la déformation permanente n'avait donc pas eu lieu, même après une pression de 120 à 300 atmosphères supportée par le réservoir pendant six heures.

» Il résulte de mes recherches :

» 1° Qu'un réservoir de verre se brise bien plus facilement par une pession intérieure que par écrasement;

» 2° Que les quantités dont le volume du réservoir varie sont proportionnelles à la pression, au moins dans des limites très-étendues, surtout dans le cas où cette pression s'exerce sur les parois extérieures.

» En me basant sur ces propriétés des enveloppes de verre, j'ai été conduit à employer comme manomètre l'instrument que j'ai décrit; je l'ai expérimenté pendant mes recherches sur la compressibilité des gaz. Ce manomètre, qui est d'une construction des plus simples, était en relation avec deux grands manomètres à air libre que j'ai déjà eu l'honneur de faire connaître à l'Académie, à l'occasion de mes diverses recherches sur les pressions: pendant toutes ces expériences, j'ai pu constater la précision et la très-grande sensibilité de ce petit appareil. La seule condition qui soit indispensable à son fonctionnement est la fixité de la température. Dans les expériences de laboratoire, elle peut être absolue au moyen de la glace fondante; dans l'industrie, un bain d'eau à température constante suffirait. La graduation étant placée sur une règle mobile, le manomètre pour-

rait fonctionner à des températures plus ou moins élevées, puisqu'il suffirait de placer l'origine de la graduation au niveau atteint par le liquide, à la température de l'expérience. »

OPTIQUE. — *Sur l'emploi d'un prisme biréfringent pour la détermination des axes des ellipses.* Note de M. ED. JANNETTAZ.

(Commissaires : MM. Fizeau et Jamin.)

« On éprouve souvent de grandes difficultés, lorsqu'on cherche à déterminer les axes des figures de forme elliptique.

» C'est ce qui m'est arrivé plus d'une fois dans la recherche des conductibilités thermiques. En reproduisant, d'après le procédé de de Senarmont plus ou moins modifié, les ellipses qui font connaître les rapports de ces conductibilités sur des plaques taillées suivant différentes directions, dans des substances cristallisées, j'ai pu les orienter facilement par rapport aux lignes cristallographiques, lorsque les cristaux où je les observais appartenaient à des systèmes dont les axes cristallographiques sont rectangulaires; dans ce cas, en effet, les axes de cristallographie et ceux de conductibilité sont parallèles entre eux. Il n'en est plus de même pour les substances cristallisées, dont la symétrie se rattache à celle des formes à axes obliques. Il est pourtant nécessaire de savoir la position des axes des courbes de conductibilité dans ces corps. J'ai eu jusqu'ici recours à des constructions pénibles, à des dessins toujours imparfaitement fidèles, à d'assez longs calculs; mais à ces procédés je substituerai désormais le suivant, qui simplifie la recherche.

» Si l'on regarde une ellipse au travers d'un rhomboèdre de spath, ou mieux d'un prisme biréfringent rendu achromatique on aperçoit deux images de la courbe, lesquelles se coupent en général, et occupent l'une par rapport à l'autre des positions très-variables; mais si l'on tourne le spath, de manière que la section principale devienne parallèle au grand axe de la courbe observée, les deux images se placent de façon que leurs grands axes apparaissent sur le prolongement l'un de l'autre, et la droite qui joint leurs deux points d'intersection est alors perpendiculaire à cet axe.

» Si donc l'on coiffe d'un prisme biréfringent l'oculaire d'une lunette, et qu'en outre on dispose au foyer de l'oculaire un premier fil parallèle à la section principale du prisme, que l'on puisse déplacer parallèlement à sa direction, puis un deuxième fil perpendiculaire au premier, que l'on

puisse déplacer aussi parallèlement à lui-même, si enfin le prisme biréfringent emporte avec lui, lorsqu'on le fait tourner autour de l'axe optique de la lunette, et le système de ces deux fils et un index qui court le long d'un cercle divisé fixé au tube du microscope, on aura un petit appareil au moyen duquel on résoudra pratiquement, et sans constructions ni calculs, le problème proposé; car, lorsqu'on aura tourné le spath, de manière que les deux images de la courbe paraissent avoir leurs grands axes parallèles, il suffira de déplacer l'un des fils jusqu'à ce qu'il passe par les deux points d'intersection de ces deux images. S'il coupe réellement les deux courbes aux points où elles se coupent elles-mêmes, c'est qu'il est perpendiculaire au grand axe de l'ellipse dont elles sont les images vues par réfraction. On peut vérifier facilement cette position du fil en faisant tourner le prisme biréfringent de 90 degrés; car l'intersection des deux images deviendra parallèle au second fil, que l'on pourra déplacer, jusqu'à ce qu'il se confonde avec elle.

» Si l'on munit l'un des fils d'une petite vis micrométrique, le déplacement qu'il subit pour être amené successivement aux deux points de contact opposés avec la courbe, ou avec ses deux images, permet évidemment de mesurer la longueur de l'axe perpendiculaire aux deux tangentes.

» Enfin, pour mesurer l'angle des axes de la courbe et d'une ligne cristallographique de la plaque, on n'aura plus qu'à suivre la marche indiquée par Leeson, puisque le prisme biréfringent joue ici exactement le même rôle que dans son goniomètre (1).

» J'ai confié à M. Laurent l'exécution de ce petit appareil, qui ne demande pour être facile à manier qu'un habile constructeur. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles bandes surnuméraires produites dans les solutions de chlorophylle, sous l'influence d'agents sulfurés;* par M. J. CHAUTARD.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Les phénomènes relatifs aux spectres d'absorption des liquides organiques colorés (sang, bile, chlorophylle) ont pris un grand intérêt, par les applications chimiques, physiologiques et toxicologiques que l'on peut en faire à chaque instant. Il devient donc important de rechercher et de faire connaître toutes les actions qui peuvent modifier les apparences sur lesquelles se fonde l'analyse de ces liquides colorés.

---

(1) Voir *Muller's Lehrbuch der Physik*, Braunschweig, 1864, 6 Auflage, 1, 910 et 911.

» J'ai essayé dans mes Communications précédentes (1) de résumer les diverses altérations que le spectre de la chlorophylle peut éprouver sous les influences les plus diverses, et je suis arrivé à des conclusions qui ont fait l'objet de la dernière Note que j'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie.

» La nature du dissolvant exerce sur ces phénomènes une influence considérable. Déjà j'ai signalé le peu d'altérabilité de la matière verte des végétaux, dissoute dans les huiles fixes; j'ajouterai encore que plusieurs huiles médicinales des pharmacies ont été maintenues à l'air et en pleine exposition du midi, pendant huit ou dix mois, sans que leur teinte ait changé; les bandes dans le vert ont légèrement pâli, en se déplaçant un peu.

» Dans la benzine, l'altérabilité de la chlorophylle est assez prompte sous l'influence du soleil, mais infiniment moins que dans l'alcool : toutefois, si à ce dernier on ajoute un peu de potasse, la couleur verte persiste plus longtemps, en même temps que la bande du rouge finit à la longue par *se dédoubler*, comme elle le fait immédiatement sous l'influence de la chaleur. C'est là un fait capital, qui donne parfaitement la clef du phénomène produit par les olives et que j'ai indiqué antérieurement.

» Le même dédoublement s'opère sous l'action prolongée du sulfhydrate d'ammoniaque; cependant la seconde bande n'apparaît pas toujours à la même place : quelquefois elle se présente dans la partie du rouge la moins réfrangible. Les circonstances qui produisent ces modifications sont assez difficiles à préciser. Malgré cela, je suis parvenu à me rendre maître de la réaction d'une manière très-nette, dans certaines conditions déterminées, soit à l'aide de chlorophylle dissoute dans le sulfure de carbone, soit avec une solution alcoolique de chlorophylle de certaines crucifères, de choux par exemple, additionnée d'un peu d'ammoniaque. Il faut plusieurs mois de séjour à l'obscurité pour que l'effet se produise.

» Toutes les bandes *surnuméraires*, signalées précédemment dans la chlorophylle, ont été observées dans la partie du spectre plus réfrangible que le rouge. Il n'y a d'exception que pour les bandes que je nomme *accidentelles* et qui prennent naissance dans le rouge naissant, avec de la chlorophylle récente dissoute dans l'alcool et traitée par quelques gouttes d'acide chlorhydrique; or c'est précisément vers cette même région qu'apparaît la seconde bande dans la solution sulfocarbonique de chlorophylle, ou

---

(1) *Comptes rendus*, 30 décembre 1872; 13 janvier, 3 mars, 21 et 28 avril, 19 mai, 8 septembre 1873.

dans la solution ammoniacale de feuilles de crucifères. Cette bande est très-fine, quelquefois assez pâle, et exige une bonne disposition d'appareil pour être observée. La bande *spécifique* du rouge reste à sa place et parfaitement intacte, tandis qu'à côté et dans la région rouge obscure apparaît la bande surnuméraire en question. Les rayons lumineux rouges et verts permettent à cette raie de se développer plus facilement, mais, dans tous les cas, il faut toujours plusieurs semaines pour la voir apparaître.

» Je ne saurais trop insister sur cette particularité fort remarquable, eu égard aux applications dont la recherche de la chlorophylle peut être l'objet dans les matières excrémentitielles, lesquelles renferment souvent des éléments sulfurés, donnant naturellement naissance aux apparences que je viens d'indiquer. Une fois prévenu du fait, il est toujours facile d'en tenir compte et de distinguer les bandes *surnuméraires* de la chlorophylle des bandes fixes de la bile, les seules avec lesquelles, au premier abord, on pourrait les confondre (1). »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un nouveau procédé de conservation des bois.* Note de M. A. HATZFELD. (Extrait.)

(Commissaires : MM. Boussingault, Decaisne, Bussy.)

« La question de la préservation des bois appliquée aux traverses des chemins de fer, poteaux télégraphiques, bois de service, etc., devient, de jour en jour, plus urgente, en présence de l'accroissement des voies ferrées. De toutes les matières employées jusqu'à ce jour, il n'en reste guère que deux en usage : le sulfate de cuivre et la créosote.

» Le sulfate de cuivre ne donne que des résultats imparfaits et très-variables. On le comprend facilement : ce sel, très-soluble, doit nécessairement être en partie délayé par les eaux de pluie et l'humidité du sol, de sorte qu'au bout d'un certain temps l'action préservatrice disparaît; de plus, il se produit assez fréquemment dans le bois des altérations qui tiennent à l'impureté du sel employé ou à sa réaction acide, circonstances qu'il est bien difficile d'éviter, lorsqu'on opère industriellement, avec des

---

(1) L'auteur prie les personnes qui seraient tentées de réaliser les différentes réactions, de vouloir bien se reporter aux dispositions expérimentales indiquées dans les Notes précédentes. Le spectroscope à un prisme est celui qui réussit le mieux ; les spectroscopes de laboratoire à plusieurs prismes, ou les spectroscopes adaptés aux microscopes, ne peuvent convenir à ces recherches, à cause d'une trop grande absorption de lumière.

matières dans lesquelles entre, à l'état de combinaison, un acide énergique ayant pour base un métalloïde, tel que le chlore, le soufre, l'azote, etc.

» Quant à la créosote, c'est une substance relativement rare, d'un prix élevé, de nature inflammable et, par suite, difficile à transporter et à manier; de plus, et c'est peut-être la considération la plus grave, c'est un produit qui, comme ceux qu'on extrait de la houille, peut, d'un jour à l'autre, par suite d'une découverte analogue à celle de l'aniline, acquérir une haute valeur industrielle; l'emploi en deviendrait impossible pour la préservation des bois.

» Il est donc permis d'admettre que ces deux substances ne remplissent qu'imparfaitement les conditions nécessaires, et il devient utile de rechercher s'il n'existe pas d'autre matière pouvant utiliser tous les chantiers existants, c'est-à-dire être injectée indifféremment par les procédés Boucherie (action du poids d'une forte charge de liquide) ou Bréant modifié (actions successives, en vase clos, du vide et d'une pression de plusieurs atmosphères.) Je propose le tannate acide de protoxyde de fer. Voici sur quelles considérations je me fonde.

» On sait que le bois se compose de cellulose, formant des cellules dans lesquelles s'est déposée peu à peu, dans les bois parfaits, la lignine, concrétion dure et qui domine dans les bois résistants, tels que l'ébène, le gaïac, le chêne, les noyaux, les coques de noix, etc. Le bois contient, de plus, de la séve, qui tient en suspension des matières gommeuses, des substances azotées, albumineuses, des principes colorants, etc.; ce sont là les éléments de la destruction des bois, qui, en présentant une nourriture abondante et agréable aux parasites animaux et végétaux, subissent une décomposition plus ou moins rapide, et entraînent, par leur altération, celle des autres éléments du bois.

» Si l'on parvient à expulser ces matières essentiellement putrescibles ou à les engager dans des combinaisons fixes et inaltérables, on empêchera leur décomposition et, par suite, celle des autres substances organiques plus résistantes, cellulose et lignine. Or un certain nombre de faits d'observation semblent démontrer que l'action du tannin sur les tissus végétaux doit être analogue à celle qu'il exerce sur les tissus animaux, en y opérant une sorte de tannage, qui aura pour résultat de former des tannates albumineux, durs et imputrescibles, tout à fait analogues aux tannates gélatineux produits dans le tannage des peaux.

» Ainsi le collage des vins se fait aussi bien au blanc d'œuf (matière

albumineuse) que par la colle de poisson (matière gélatineuse); l'acide tannique contenu dans le vin forme, avec l'une ou l'autre de ces matières, un réseau solide qui enveloppe et précipite la lie au fond du tonneau. L'infusion d'écorce de chêne conserve les peaux des animaux, et s'emploie également pour garantir de la pourriture les filets des chasseurs et des pêcheurs. Enfin, parmi les bois exotiques ou indigènes, tendres ou durs, les plus résistants sont les plus riches en acide tannique : ainsi, parmi les bois indigènes, le chêne, le châtaignier, le premier remarquablement dur, le deuxième assez tendre, se conservent tous deux pendant de longues années, et l'on ne peut douter que ce ne soit sous l'influence de l'acide tannique dont ils sont imprégnés, qui réagit, après l'abatage des bois, sur les matières azotées et albumineuses contenues dans leurs vaisseaux capillaires. On est donc fondé à admettre que l'injection d'une solution d'acide tannique dans les bois de diverses essences assurera leur conservation, en les mettant, au point de vue chimique, dans des conditions analogues à celles dans lesquelles se trouve le chêne après l'abatage.

» Mais il ne suffit pas de préserver les bois tendres de la pourriture, il faut encore les durcir, et, bien qu'au moyen de l'action de l'acide tannique on y arrive jusqu'à un certain point, par la transformation des matières molles contenues dans les canaux séveux, il est important de donner aux bois d'essence tendre un plus grand degré de dureté, pour pouvoir les employer aux usages industriels. J'arrive à ce résultat en faisant intervenir la remarquable propriété du tannate de fer, qui, *parfaitement soluble* et même incolore à l'état de protoxyde, se transforme sous l'influence de l'air en un *sel insoluble* d'une couleur noire intense. Dissous dans l'acide tannique, à l'état de sel soluble, dans des proportions qui varient selon le degré de dureté à donner au bois, il se transforme rapidement sous l'influence de l'air, se dépose dans les cellules du bois à l'état solide, et lui fait subir une sorte de pétrification, qui augmente encore l'inaltérabilité résultant de l'action de l'acide tannique.

» Ainsi se trouve résolue, d'une manière simple et pratique, la question de l'introduction d'un sel insoluble dans le bois. On peut opérer en injectant successivement l'acide tannique, puis un sel de fer soluble, ou au moyen d'une opération unique en injectant, à l'abri de l'air, le tannate de protoxyde de fer préparé à l'avance.

» Des résultats d'expériences démontrent l'efficacité de ce système; en effet, on trouve fréquemment dans les terrains ferrugineux des chênes très-anciens, de couleur noire et dans un état parfait de conservation ; j'en

citerai un exemple tout à fait remarquable. En 1830, on a retrouvé, à Rouen, des morceaux de bois de chêne provenant des pilotis d'un pont fondé en 1150; ce bois ressemble à l'ébène, dont il a acquis la dureté et la couleur; l'analyse chimique a démontré que cette modification était due à la présence du tannate de peroxyde de fer (*Chimie* de Berthier). Le raisonnement et l'expérience s'accordent donc pour conclure en faveur du procédé que je propose.

» *Matières premières et prix de revient de l'injection.* — L'écorce de la plupart des arbres, les jeunes rameaux et les feuilles, notamment des chênes, bouleaux, ormes, sumacs, châtaigniers, noyers, etc., les racines de tormantille et de bistorte, le brou des noix, des marrons, les extraits de bois exotiques, renferment le tannin en grande proportion et lui doivent leurs propriétés astringentes.

» Dans l'état actuel de l'industrie, on peut se procurer le tannin à 1 franc le kilogramme au plus, au moyen des extraits de bois employés dans la teinture; mais il faut remarquer que ces produits, employés seulement aujourd'hui au point de vue de la tannerie et de la teinturerie, n'utilisent qu'une bien faible quantité des ressources que présente le règne végétal. Il n'est pas douteux qu'une consommation considérable de ce produit amènerait la création de nombreuses usines, principalement dans les régions pauvres où croissent le châtaignier et autres essences convenables. La richesse industrielle du pays serait ainsi augmentée, en même temps que le prix de revient de ce nouveau produit baisserait notablement. En admettant même le prix actuel, 600 grammes suffisant pour l'injection d'une traverse, le prix de revient de l'acide tannique ne dépasserait pas $0^{fr},60$ par traverse.

» Quant aux sels de fer, ils sont d'un prix tellement minime, que c'est à peine s'il y a lieu d'en tenir compte. Les sels de protoxyde de fer, solubles dans l'acide tannique, carbonate, sulfate, protochlorure, pyrolignite, sont faciles à se procurer ou à préparer. Le pyrolignite, qui semble le mieux convenir, vaut 20 francs les 100 kilogrammes, et, au titre de 20 degrés Baumé, contient environ 7 pour 100 de fer. L'acide tannique en neutralisant 12 pour 100 de son poids, si l'on adopte pour produit normal à injecter $\frac{4}{5}$ d'acide tannique et $\frac{1}{5}$ de tannate de protoxyde de fer, qui reviendra de $0^{fr},05$ à $0^{fr},06$, on arrive, en tout, à une dépense, par traverse, de $0^{fr},65$.

» Des essais en grand sont, en ce moment, en cours d'exécution, pour la Compagnie des Chemins de fer de l'Est et l'Administration nationale des télégraphes, avec l'autorisation et le concours de M. le Ministre de l'Intérieur. »

CHIMIE. — *Sur la dureté et la densité du charbon de sucre pur.* Note de M. F. MONIER.

(Renvoi à l'examen de M. Berthelot.)

« 1° Le sucre candi en gros cristaux blancs renferme un dix-millième et demi de cendre, et donne, en vase clos, 17 à 18 pour 100 de carbone que l'on peut considérer comme pur (1). La densité de ce charbon oscille entre 1,81 et 1,85. Cette détermination présente quelques difficultés; il faut, en effet, maintenir le flacon qui renferme la poudre et l'eau distillée à la température de 100 degrés pendant une heure, pour en chasser complétement les bulles de gaz.

» 2° Le charbon précédent, obtenu à une température relativement basse (900 à 1000 degrés), coupe le verre très-facilement, et sa dureté croît avec la pureté du sucre soumis à l'expérience; mais sa cohésion est très-faible. Ainsi, en coupant le verre, il s'écrase en même temps sur la partie rayée; cela tient évidemment à sa grande porosité.

» Je suis parvenu à le rendre très-compacte, en mélangeant sa poudre à 25 ou 30 pour 100 de sirop, et tassant cette pâte dans un tube de porcelaine fermé à un bout; en chauffant ensuite au rouge, j'obtiens un cylindre de carbone encore très-poreux, mais s'écrasant difficilement. Pour le rendre plus dense, il suffira de le plonger dans du sirop bouillant; en laissant refroidir, le sucre pénétrera à l'intérieur du charbon, et, si on le porte de nouveau au rouge blanc, une nouvelle couche de carbone se déposera dans toutes ses petites cavités, tout en augmentant sa dureté. On pourra répéter plusieurs fois cette même expérience avec du sirop pur. Le crayon de graphite, qu'on obtient ainsi à une température de 900 à 1000 degrés, raye légèrement le quartz; à une température plus élevée (1200 à 1300 degrés), sa dureté paraît être celle de la topaze, mais elle est moins grande que celle du corindon ou de l'émeri.

» 3° Je suis parvenu aussi à agglomérer la poudre de ce charbon avec 20 à 25 pour 100 de goudron, saturé de brai sec; j'ai obtenu ainsi plus facilement des charbons denses, mais renfermant plus de cendres que le précédent.

» Le coke qui a subi une demi-combustion raye également le verre; mais sa dureté peut provenir de la silice; il renferme, en effet, de 20 à 30

(1) Ce charbon renferme à peu près un millième de cendre.

pour 100 de cendres, tandis que, dans le charbon de sucre, la dureté est due au carbone seul.

» Le miel donne aussi un charbon dense et ayant les mêmes propriétés. Il serait intéressant de le soumettre, ainsi que celui de sucre, à une température très-élevée, qu'on obtient si facilement à l'aide du chalumeau à gaz de MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray. »

MÉCANIQUE. — *Principes du vol des oiseaux*. Note de M. E. **Bertin**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Bertrand, Tresca, Resal.)

« La Note dont je donne ici le résumé est consacrée à l'explication du vol des oiseaux par le raisonnement bien plutôt que par le calcul. L'étude exacte de la question exigerait, ce me semble, des données expérimentales qui font défaut, mais on peut du moins, en s'appuyant sur des faits connus, exposer, non-seulement le principe fondamental du vol, mais encore analyser avec quelque détail les différences qu'il présente selon la forme et la dimension des ailes de l'oiseau, selon la vitesse et la direction du mouvement de translation que l'oiseau veut réaliser.

» Le plus souvent, le vol a lieu dans une direction horizontale ou presque horizontale; l'oiseau est animé d'une très-grande vitesse, les battements des ailes ont peu d'amplitude et ne s'exécutent qu'à de longs intervalles. Entre les battements, l'oiseau, les ailes étendues, se tient incliné et présente à l'air toute la partie inférieure de son corps et de ses ailes, de sorte que la résultante de la pression qu'il subit est dirigée de bas en haut et d'avant en arrière; cette résultante et le poids P sont alors les deux seules forces en jeu. Nous pouvons regarder la résistance comme coïncidant en direction et en intensité avec celle qui s'exercerait sur un certain plan incliné par rapport à la trajectoire, comme l'est en moyenne la surface inférieure du corps et des ailes; on peut, pour l'étude du mouvement, considérer, au lieu de l'oiseau, ce plan moyen, en le supposant pesant et doué d'une certaine épaisseur; la résistance de l'air sur la tranche du plan reste toujours très-faible, comparativement à celle exercée sur le plan proprement dit, l'aile des oiseaux étant très-mince.

» Toute surface en mouvement dans un fluide rencontre deux résistances distinctes, l'une normale, due à la pression du fluide refoulé en avant et raréfié en arrière, l'autre tangentielle, due au frottement de l'air qui glisse sur la surface. La première force est proportionnelle au carré de

la vitesse, peut-être à une puissance plus élevée quand la vitesse est très-grande. La seconde force est proportionnelle à la simple vitesse; quand les vitesses sont considérables, comme dans le vol, la seconde force s'annule donc en présence de la première : ainsi, bien que les expériences n'aient pas été faites avec des vitesses de l'ordre de celles qui se rencontrent dans le vol, il est permis d'admettre que la résistance totale sur le plan moyen considéré est normale à ce plan. La résistance normale sur la tranche du plan se combine avec la résistance précédente, et la résistance totale fait, avec la normale au plan moyen, un certain angle, d'autant plus faible que les ailes ont plus d'étendue.

» Supposons la trajectoire horizontale; soit α l'angle de la résistance totale avec la verticale, angle légèrement supérieur à celui du plan moyen de l'oiseau avec l'horizontale. La résistance se décompose en deux forces : la composante verticale est égale et opposée au poids P de l'oiseau; la composante horizontale, égale à $P \tang \alpha$, produit un ralentissement dV dans le temps dt. L'équation capitale, pour l'étude du vol d'un oiseau, exprimerait la relation qui existe, pour cet oiseau, entre l'angle α et la vitesse. Pour l'étude du vol en général, il faudra savoir comment cette relation varie, d'un oiseau à l'autre, selon le poids P, la surface des ailes et celle du corps des oiseaux. Sans connaître ces lois, il est facile de voir que les valeurs de plus en plus petites de α supposent des angles de plus en plus aigus entre le plan moyen et l'horizontale, et, par suite, des vitesses de plus en plus grandes, la composante verticale de la résistance restant égale à P. A vitesse égale, l'angle α doit être d'autant moindre que la surface des ailes est plus grande.

» La seule force que l'oiseau ait besoin de développer pour maintenir son allure est la force horizontale $P \operatorname{tang} \alpha$, d'autant moindre que l'angle α est plus faible. Le travail de cette force, ou travail utile du moteur dont l'oiseau dispose, est $PV \operatorname{tang} \alpha$; évalué de la sorte, le travail des oiseaux n'a rien qui confonde l'imagination. Si l'on suppose que, pour $V = 20^{m}$, on ait $\operatorname{tang} \alpha = \frac{1}{20}$, une hirondelle du poids de 20 grammes développe $\frac{1}{3750}$ de cheval-vapeur, travail considérable encore, il est vrai, eu égard à la masse de l'oiseau.

» La force motrice développée peut avoir une composante verticale qui vienne en défalcation du poids P et qui diminue ainsi le travail utile nécessaire pour la locomotion horizontale. Si la force produite est perpendiculaire à la résistance de l'air, elle devient égale à $P \sin \alpha$ seulement; sa projection horizontale est $P \sin \alpha \cos \alpha$, et son travail utile $PV \sin \alpha \cos \alpha$.

» Les ailes ont donc à recevoir des muscles un travail moteur égal au produit du travail utile ainsi évalué par le rendement mécanique de l'organe. Les conditions du mouvement, la vitesse de translation et la direction de la force par rapport à cette vitesse sont d'ailleurs favorables au rendement, qui peut s'approcher des valeurs de 0,6 ou 0,7, qu'il a sur les propulseurs marins. Au point de vue du rendement, l'action dans le sens même de la vitesse, qui exige la production d'une force plus grande, P tangα, est plus avantageuse.

» Si l'oiseau donne un nouveau coup d'aile après un même ralentissement horizontal, on voit, d'après l'expression du ralentissement $\Delta V = P \operatorname{tang}\alpha \Delta t$, que les coups d'aile se succéderont à d'autant plus longs intervalles que la vitesse sera plus grande.

» Le rôle de la pression exercée par l'air sur un plan oblique se retrouve dans le battement même des ailes. Quand les ailes se meuvent verticalement, la vitesse relative de l'air par rapport à elles fait, avec la trajectoire horizontale de l'oiseau, un angle obtus, négatif pendant la montée de l'aile, positif pendant sa descente. L'aile, dans son mouvement, se tord de manière à recevoir toujours la pression de l'air par-dessous : pendant les montées, elle agit comme si elle était au repos; pendant les descentes, elle donne une composante horizontale dans le sens de la marche, exactement comme fait, sur un navire, une voile orientée au plus près. Le mouvement de torsion nécessaire est d'autant moins ample que la vitesse horizontale de translation est plus considérable. Si l'aile a un mouvement d'avant en arrière combiné avec son mouvement vertical, l'angle obtus de la vitesse relative de l'air par rapport à l'aile avec la trajectoire diminue; le vent devient largue. Ces deux effets se produisent d'une manière très-différente sur les diverses parties de l'aile dans le sens de la longueur; les grandes ailes sont plus avantageuses, non-seulement en raison de leur surface, mais encore parce que la portion située loin du corps travaille beaucoup mieux.

» La queue assure la stabilité de route, en arrêtant les embardées qui résulteraient du mouvement des ailes, et qui s'observent dans le vol de la chauve-souris.

» Si maintenant nous considérons un oiseau dépourvu de vitesse horizontale, les conditions sont bien différentes, soit quant au travail à produire, soit quant au rendement mécanique à espérer.

» Sur un oiseau immobile, le travail utile du moteur serait nul, si ce moteur agissait d'une manière continue; mais les ailes laissent s'accomplir, dans ce genre de vol, une série de petites chutes successives. L'oiseau

tombant pendant un temps t, la pesanteur fait un travail $\frac{1}{2}$ Pgt^2; l'oiseau acquiert une force vive égale à ce travail, t étant assez petit pour que la vitesse et la résistance de l'air soient négligeables; pour remonter, il faudra qu'il produise un travail utile égal à la somme du travail et de la force vive, parce qu'il n'a pas, comme dans le vol ordinaire, les moyens de transformer sa force vive en travail élévatoire. S'il y a par seconde n coups d'aile séparés par des intervalles t, le travail utile à produire sera nPgt^2 par seconde; l'oiseau a donc intérêt à multiplier les battements.

» Le travail utile, nPgt^2, dans le vol sur place, est probablement plus faible que le travail PV tang α dans la locomotion horizontale; seulement la force à développer dans le premier cas P est bien plus considérable que la force dans le second cas P tang α ou P sin α. Le travail utile dans le vol sur place devient nul avec un moteur à action continue, parce que le rendement mécanique serait lui-même nul à cause de la force à produire, absolument comme le rendement de la poussée d'une hélice est nul lorsqu'on fait tourner un navire au point fixe. La différence des rendements que l'on obtient, avec une même hélice, selon qu'on ralentit un navire avec une amarre ou qu'on le laisse courir librement, montre très-bien comment le vol sans vitesse horizontale exige beaucoup plus de travail moteur que le vol ordinaire. Les hélices n'ont le même rendement que si la surface de veine fluide qu'elles attaquent est proportionnelle à la résistance que rencontre le navire. Appliquons aux ailes la même loi : pour obtenir dans le mouvement vertical le rendement qui existe dans le mouvement horizontal, il faudrait que, dans le premier cas, la surface des ailes s'augmentât par rapport à la surface réelle dans la proportion des deux résistances P et P tang α, c'est-à-dire dans le rapport de 20 à 1 si tang α peut tomber à $\frac{1}{20}$; avec de semblables ailes les oiseaux, en développant le même travail moteur que dans le vol horizontal, s'élèveraient verticalement avec une vitesse égale au $\frac{1}{20}$ de V.

» L'oiseau est ainsi une sorte de cerf-volant dans lequel le centre de résistance coïncide avec le centre de gravité; la poussée produite par les ailes tient lieu de la tension de la ficelle.

» Les moindres déplacements du centre de gravité par rapport au plan moyen font évoluer l'oiseau dans tous les sens avec la plus grande facilité; le mouvement des pattes suffit probablement à cet effet. L'oiseau étant ainsi maître de la direction de son plan moyen, il peut facilement orienter ses ailes par rapport à ce plan moyen, par le mouvement alternatif qui produit la force motrice. Les battements ont besoin d'être d'autant moins

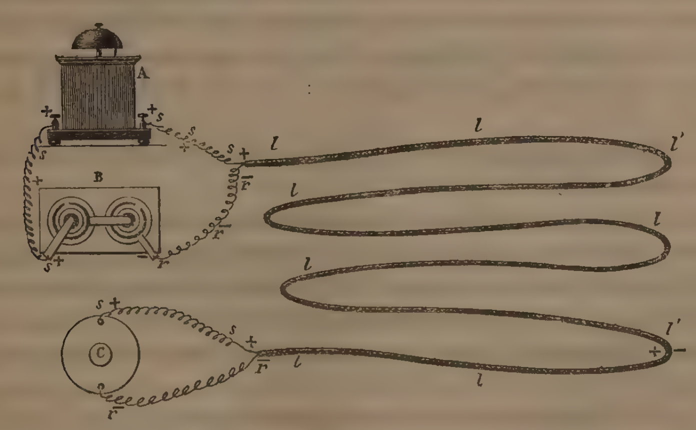
amples que la surface des ailes est plus grande, et d'autant moins fréquents que la vitesse de progression de l'oiseau est plus considérable.

» Les grandes difficultés du vol se rencontrent au moment du départ, quand la vitesse est nulle; à celles que nous avons indiquées, il faut ajouter la faiblesse du point d'appui que les ailes trouvent sur l'air immobile comparativement au point d'appui fourni par de l'air sans cesse renouvelé, suivant la découverte faite récemment par M. Marey.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Câble électrique de sûreté contre les incendies.* Note de MM. **Alph. Joly** et **P. Barbier.**

(Renvoi à la Section de Physique.)

« Le câble électrique de sûreté a pour but de prévenir, par le *carillon continu* d'une sonnerie (placée dans un endroit très-apparent), qu'un *commencement d'incendie* se déclare dans un lieu quelconque, placé dans le circuit du câble. Ce câble est formé de deux fils métalliques, isolés l'un de l'autre par une couche de gutta-percha (ou autre matière analogue) et fortement cordés par un procédé spécial. Aussitôt qu'un point quelconque du câble vient à s'échauffer par un commencement d'incendie, la matière isolante entre en fusion, les deux fils sont en contact permanent, et le circuit d'un courant, dont les pôles sont reliés à chacun des deux fils, met une sonnerie en mouvement continu.



» Comme contrôle permanent du bon état du système, les deux autres extrémités des deux fils du câble sont reliées à un bouton commutateur, qui permet de fermer artificiellement le circuit. On a ainsi la preuve cer-

taine que le système est prêt à bien fonctionner en cas d'incendie, si la sonnerie marche chaque fois que l'on fait jouer le commutateur.

» Pour plus de commodité, on fait revenir le câble sur lui-même, par un autre chemin, de manière que le bouton de contrôle soit placé très-près de la sonnerie.

» Soient A une sonnerie; B une pile; C un commutateur; *llll'l* un câble composé de la réunion des deux fils isolés *r* et *s*. Le courant de la pile B traverse le câble *lll'l* si le bouton C est pressé; dans le cas contraire, le courant ne passera pas. Si la chaleur d'un commencement d'incendie fait fondre la gutta-percha en *l'*, par exemple, le circuit électrique est fermé, et le carillon fonctionne d'une manière continue. »

PHYSIQUE. — *Sur la mesure de la chaleur;* Mémoire de M. G. West. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Wurtz, Berthelot, Resal.)

« Le calorimètre à glace accuse une quantité d'eau de fusion en rapport avec le plus ou le moins de chaleur des substances en expérimentation, et comme cette eau de fusion est toujours dans des conditions de température qui sont identiques, c'est un résultat qui est toujours en proportion rigoureuse avec la cause qui le produit; c'est pourquoi cette eau est une irrécusable mesure de la chaleur, tandis que les échelles de température, basées sur la dilatation, ne donnent que des indications qui diffèrent avec la nature des substances observées; ces échelles ne procurent donc que des repères de température : elles ne sont que des thermoscopes.

» Je me suis proposé de rechercher les relations entre la calorimétrie et la thermométrie.

» A cet effet, je me suis aidé des meilleures données de la science pour calculer l'effet mécanique extérieur d'une calorie que je suppose appliquée à faire monter de zéro à 1 degré C. d'abord du gaz azote, ensuite du gaz hydrogène, et j'ai trouvé pour ces effets mécaniques extérieurs deux quantités kilogrammétriques, qui ne diffèrent entre elles que de moins de $\frac{1}{1000}$.

» J'ai tiré de ces résultats les conséquences suivantes :

» Puisque les deux gaz en question diffèrent entre eux par toutes leurs propriétés physiques, que tous deux sont éloignés de leurs points de liquéfaction, on peut admettre qu'ils sont inégalement éloignés de ces points.

Or, puisque, malgré cette inégalité d'éloignement, une même calorie produit, par l'entremise de ces deux gaz, des effets mécaniques extérieurs presque identiques, effets manifestés par des dilatations pareilles, il s'ensuit que, toutes les fois que sur un des gaz réputés parfaits, et à des distances inégales du point de liquéfaction, on applique une calorie, elle accuse la dilatation à zéro; et réciproquement, quand une échelle de température est graduée à l'aide de volumes qui sont entre eux en rapport constant, cette échelle indique, pour chaque division, le même nombre de calories.

» J'ai calculé un manuel de correspondance pour passer de l'échelle ordinaire des températures à une échelle proposée; en extrayant ce manuel d'un tableau comparatif de deux séries de volumes du gaz hydrogène. Dans une des séries, les volumes croissent en différence constante, et dans l'autre en rapport constant. Ce manuel est calculé pour des centièmes de degré de $-40°$ à $+262°,40$, ce qui fait 30240 subdivisions.

» La chaleur soulève les problèmes les plus curieux de la science; la chaleur intervient dans toutes les opérations chimiques de l'industrie; la chaleur est aussi l'agent mécanique de l'industrie le plus puissant; en un mot, l'homme, en exerçant son intelligence ou sa puissance sur la matière, trouve dans la chaleur son principal instrument. En donnant une mesure de la chaleur, j'espère avoir résolu une des plus importantes questions qui puissent être posées au monde savant et au monde industriel. »

TÉRATOLOGIE. — *Sur un cas singulier de monstruosité, par absence d'un des membres supérieurs, et conformation extraordinaire de l'autre.* Note de M. Claudot, présentée par M. C. Sédillot.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

« Le dépôt a été fait, au Musée du Val-de-Grâce, des pièces anatomiques provenant d'un saltimbanque espagnol mort à l'âge de 45 ans, qui appartenait à l'ordre des monstres unitaires autosites, de I. Geoffroy Saint-Hilaire, famille des ectroméliens. A gauche, le membre supérieur manquait complétement, et représentait à droite une variété intermédiaire non encore décrite, entre la phocomélie et l'hémimélie. En effet, le radius et le cubitus faisaient entièrement défaut; en outre, la main était privée de sa moitié interne, c'est-à-dire des trois derniers doigts et des métacarpiens correspondants : il ne restait que le pouce et l'index, dont les premières phalanges étaient réunies supérieurement par fusion osseuse, et consti-

tuaient une pince à branches très-écartées et immobiles. Les deux métacarpiens étaient également soudés en haut, en bas et vers le milieu. Le carpe était réduit à un seul os cuboïde, représentant vraisemblablement la fusion du scaphoïde, du semi-lunaire, du trapèze et du trapézoïde. L'extrémité inférieure de l'humérus avait sensiblement pris l'aspect de celle d'un radius; mais, d'ailleurs, la présence d'une gouttière de torsion très-marquée ne permettait pas de méconnaître cet os. A gauche comme à droite, l'omoplate et la clavicule présentaient une situation et une forme régulières, sauf une certaine diminution de volume et de résistance; les clavicules offraient vers leur tiers externe un angle bien plus prononcé que d'habitude.

» Ce membre anormal était considérablement atrophié : sa longueur totale n'atteignait pas 20 centimètres; son diamètre était inférieur de plus de moitié à celui d'un bras de moyenne force; encore la masse en était-elle formée presque exclusivement par de la graisse. Les mouvements actifs y étaient à peu près nuls, les mouvements passifs très-bornés : il n'était d'aucune utilité pour la vie de relation. Je n'indiquerai ici que quelques points importants dans la disposition des muscles, qui a été relevée avec soin. A gauche, où n'existait pas de membre supérieur, j'ai constaté la présence de tous les muscles de l'épaule; quelques-uns étaient rudimentaires, mais aucun n'était entièrement graisseux; leurs tendons convergeaient vers un trèfle aponévrotique qui recouvrait l'angle supérieur de l'omoplate. Celui-ci, au lieu d'une cavité glénoïde, offrait un condyle à grand diamètre vertical. A droite, disposition presque identique de l'omoplate et des muscles : le centre aponévrotique constituait un véritable ménisque fibreux avec lequel s'articulait l'humérus; l'extrémité supérieure de ce dernier, loin d'offrir une tête articulaire, était creusée d'une sorte de cupule. Si la gouttière de torsion, la présence d'un coraco-brachial normal, et l'insertion à l'humérus du muscle petit rond, et d'une partie du grand dorsal et du grand rond (le reste se portant vers le ménisque interarticulaire) n'empêchaient de s'arrêter à cette hypothèse, on serait tenté de considérer l'os en question comme un radius, le ménisque représentant les seuls vestiges de l'os du bras. Cette monstruosité constituerait alors une hémimélie vraie, compliquée de l'absence totale du cubitus, et de la moitié interne du poignet et de la main. »

M. J. Crocé-Spinelli rappelle à l'Académie qu'il a fait, le 26 avril 1873, en compagnie de MM. Jobert, Pénaud, Dr Petard et Sivel, une ascension

aérostatique dans laquelle ils ont atteint la hauteur de 4600 mètres (*Comptes rendus*, 16 juin 1873) : les aéronautes ont rencontré une température de 20 degrés au-dessous de zéro et étudié des nuages de cristaux de glace.

Il a l'intention de continuer les études météorologiques et physiologiques faites dans cette ascension, en cherchant à atteindre maintenant, à l'aide de l'*Étoile polaire*, ballon de 2800 mètres que M. Sivel met à sa disposition, les régions élevées de l'atmosphère qu'ont visitées Biot et Gay-Lussac, MM. Barral et Bixio, et surtout M. Glaisher.

Pour réagir contre les effets de la raréfaction de l'air, qui ont été jusqu'à produire l'évanouissement chez M. Glaisher, et en s'appuyant sur les expériences de M. Bert, les aéronautes emporteront un ballon d'oxygène. L'inspiration de ce gaz sera d'autant plus nécessaire que, partant en hiver pour vérifier si la décroissance de température est moins rapide qu'en été, ils rencontreront des froids extrêmement rigoureux. En outre, ils comptent se munir de baromètres, de thermomètres, d'hygromètres, d'un instrument à faire le point et à mesurer la vitesse du vent, enfin d'un spectroscope.

L'auteur exprime le désir que l'Académie veuille bien s'intéresser à cette expédition, effectuée dans un but purement scientifique.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. **Saint-Léon-Roger-Fonfrède** adresse une Note relative à l'emploi du miel et d'autres substances analogues, pour la destruction du Phylloxera.

M. **Phelippeau** adresse une Note relative à l'emploi d'un engrais marin, pour combattre le Phylloxera.

M. **Pourché** adresse une Note relative à l'emploi de l'eau bouillante et du gaz sulfureux, pour la destruction du Phylloxera.

M. **Pellegrin** adresse une Note relative à un moyen destiné à empêcher la marche du Phylloxera le long des ceps de vigne.

Ces diverses Communications sont renvoyées à la Commission du Phylloxera.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture de la Lettre suivante, adressée par Mme Vve *Poncelet* à M. le Président, au sujet de la publication qu'elle a entreprise des OEuvres de feu le général Poncelet :

« L'Académie ayant témoigné un intérêt particulier à la publication des OEuvres d'un de ses anciens Membres, le général Poncelet, il m'a semblé que la Note suivante donnerait satisfaction à une sollicitude qui m'a pénétrée de la plus vive reconnaissance, et montrerait que je n'ai pas perdu de vue, un seul instant, les devoirs que la confiance et l'affection de mon vénéré mari m'avaient légués. Cette publication, déjà fort avancée, comprend :

» 1° L'*Introduction à la Mécanique industrielle*, publiée en 1870;

» 2° Le *Cours de Mécanique appliquée aux machines*, publié en 1874;

» 3° Le *Cours de Mécanique physique et expérimentale*, en préparation pour une prochaine publication.

» Ce dernier ouvrage se rapporte au Cours professé à la Faculté des Sciences de Paris, depuis 1838 jusqu'en 1848, et il a reçu, dans cet intervalle, quelques modifications.

» Les éditeurs possèdent, de la main même de l'auteur :

» 1° Une rédaction presque complète du Cours de 1840;

» 2° Des Notes détaillées sur chacune des Leçons professées depuis cette époque jusqu'au 27 mars 1848;

» 3° Une copie, au net, portant de nombreuses annotations et corrections, de la main de Poncelet, des trois premières Sections du Cours, relatives : à la *Cinématique*, aux *Forces considérées en elles-mêmes* et à la *Résistance des solides;*

» 4° Quant à la partie du Cours qui traitait de l'Hydraulique, des Moteurs et des Machines, elle constituait le fond des *Leçons préparatoires au lever d'usines*, qui ont été lithographiées à Metz, ce qui permettra de la reconstruire. Les Notes manuscrites de Poncelet indiquent, en effet, le programme détaillé de toutes les Leçons qui s'y rapportent, et renferment même, sur beaucoup de points, des développements assez étendus.

» En résumé, les papiers en ma possession fournissent, aux amis dévoués qui ont bien voulu se charger de ce travail, tous les éléments nécessaires pour la publication, d'après des documents authentiques, des Leçons de la

Sorbonne, sauf quelques lacunes qui seront comblées, si les personnes qui les ont suivies, et en particulier les élèves de l'École Normale supérieure, veulent bien permettre de prendre copie ou communication de leurs notes ou rédactions. »

M. Tisserand, nommé Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. A. Richet prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place laissée vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *Nélaton*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, deux ouvrages de M. *Ern. Mouchez,* intitulés « Côtes du Brésil; description et instructions nautiques », et « Rio de la Plata; description et instructions nautiques; édition de 1873, corrigée d'après les documents les plus récents ».

ANALYSE. — *Théorèmes concernant les équations algébriques.* Note de M. F. Lucas, présentée par M. Resal.

« Je considère un polynôme algébrique, du degré p,

(1) $$F(z) = X + Y\sqrt{-1},$$

dans lequel

(2) $$z = x + y\sqrt{-1}.$$

Soit, en outre,

(3) $$\lambda = \mu + \nu\sqrt{-1}$$

un paramètre variable.

» En posant

(4) $$F(z) = \lambda,$$

on obtient une équation algébrique du degré p.

» A chaque valeur de λ, déterminant un point L que j'appelle *directeur*, correspondent p valeurs de z, déterminant un groupe (M) de points que j'appelle *racines*.

» L'équation dérivée

$$F'(z) = 0, \tag{5}$$

indépendante de λ, détermine $(p-1)$ *points centraux* que je désigne par la lettre J. Chacun d'eux fait partie d'un groupe de racines correspondant à une position déterminée I du directeur; on donne à ces points I le nom de *points critiques*.

» THÉORÈME I. — *Le nombre des courbes distinctes dont se compose le transformé d'un contour fermé quelconque surpasse d'une unité celui des points critiques extérieurs à ce contour.*

» Dans le cas particulier où le contour directeur est une circonférence ayant son centre en L', son transformé est une *cassinoïde* ayant pour foyers les points du groupe (M').

» THÉORÈME II. — *Chaque branche d'une cassinoïde renferme intérieurement autant de foyers plus un que de points centraux.*

» La transformation d'une droite donne naissance à une courbe du degré p, présentant p branches hyperboliques dont les asymptotes concourent au centre des moyennes distances commun à tous les groupes (M), et divisent le plan en $2p$ angles égaux. Par allusion à cette disposition étoilée, je donne à la courbe le nom de *stelloïde*.

» THÉORÈME III. — *La polaire d'un point quelconque du plan relativement à une stelloïde du degré p est une stelloïde du degré $(p-1)$.*

» Par les points

$$M'_1, M'_2, \ldots, M'_p$$

on peut faire passer une infinité de stelloïdes. Chacune de ces courbes est définie géométriquement par la relation

$$\tang(M'_1MS + M'_2MS + \ldots + M'_pMS) = \text{const.}, \tag{6}$$

dans laquelle M désigne un point quelconque de la courbe, et S le point à l'infini d'une droite fixe arbitraire.

» En prenant ces mêmes points pour foyers, on peut décrire une infinité de cassinoïdes. Chacune de ces courbes est définie géométriquement par la relation

$$MM'_1\,MM'_2\ldots MM'_p = \text{const.} \tag{7}$$

» THÉORÈME IV. — *Toute cassinoïde coupe orthogonalement toute stelloïde passant par ses foyers.*

» On peut toujours *matérialiser* par la pensée un point quelconque P du plan, en lui attribuant une masse égale à l'unité, et supposer qu'il repousse un autre point Q en raison inverse de la distance PQ. J'appelle *action algébrique* de P sur Q la force ainsi engendrée.

» Théorème V. — *Les actions algébriques exercées par les racines* (M) *d'une équation sur une racine* I *de sa dérivée se font équilibre.*

» Théorème VI. — *La résultante des actions algébriques exercées sur une des racines* (M) *d'une équation par toutes les autres racines équivaut à la résultante des actions algébriques exercées sur cette même racine par toutes celles de l'équation dérivée.*

» Théorème VII. — *La résultante des actions algébriques exercées par un groupe de points* (M) *sur un autre point* R *du plan est normale à la cassinoïde qui passe par ce point* R *et a ses foyers en* (M); *elle est, par conséquent, tangente à la stelloïde qui passe à la fois par* R *et par* (M).

» J'ai démontré ces divers théorèmes dans un Mémoire que je présenterai prochainement à l'Académie. »

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur l'impossibilité de quelques égalités doubles.* Par M. A. Genocchi.

« Les théorèmes énoncés par le P. Pépin (*), sur l'impossibilité de certaines équations indéterminées du quatrième degré, ont rappelé à mon souvenir quelques propositions semblables que j'avais rencontrées autrefois en m'occupant du *Liber quadratorum* de Fibonacci, et qui se rapportaient à ces doubles égalités d'un usage très-fréquent dans l'Analyse de Diophante, et dont la solution dépend aussi d'équations indéterminées du quatrième degré. Voici ces propositions, qui, peut-être, ne paraîtront pas manquer d'intérêt.

» 1. La double égalité

$$x^2 - h = y^2, \quad x^2 + h = z^2$$

n'admet pas de solution rationnelle :

» 1° Lorsque h est un nombre premier de la forme $8m + 3$;

» 2° Lorsque h est double d'un nombre premier de la forme $8m + 5$;

» 3° Lorsque h est le produit de deux nombres premiers de la forme $8m + 3$;

(*) *Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 144.

» 4° Lorsque h est double du produit de deux nombres premiers de la forme $8m+5$.

» 2. La double égalité plus générale

$$x^2+h=y^2,\quad x^2+k=z^2$$

n'admet pas de solution rationnelle dans chacun des cas suivants :

» 1° Si, h étant égal à 1, k est un nombre premier de l'une des formes $8m+3$, $8m+5$, ou le carré d'un nombre premier des mêmes formes; lorsque, de plus, les diviseurs premiers impairs de $k-1$ sont tous de la forme $4m+3$, ainsi qu'il arrive pour $k=3, 5, 13, 19, 29,\ldots$, et pour k égal au carré de l'un des nombres $3, 5, 13, 37, 43,\ldots$. L'impossibilité a lieu aussi pour $k=2$ et pour $k=4$.

» 2° Si, h étant égal à 2, k est un nombre premier de la forme $8m+3$, ou double d'un nombre premier de la forme $8m+5$, pourvu que les facteurs premiers impairs de $k-2$ soient tous de la forme $8m+7$; par exemple, si $k=3, 163, 331, 449,\ldots$, et si $k=10, 58, 394, 634,\ldots$.

» 3° Si h et k sont deux nombres premiers, h de la forme $8m+3$ ou $8m+5$, k de la forme $8m+7$, pourvu que les facteurs premiers impairs de $k-h$ soient tous de la forme $4m+3$ et non résidus quadratiques de k; par exemple, si les valeurs de h et k sont 3 et 7, 11 et 7, 19 et 23, 43 et 47,..., ou bien 5 et 7, 5 et 23, 13 et 7, 29 et 7,....

» 4° Si h est un nombre premier de la forme $8m+3$, et si k est égal au carré de h, pourvu que les diviseurs premiers impairs de $h-1$ soient tous de la forme $4m+3$; par exemple, si $h=3, 19, 43, 67,\ldots$.

» 5° Si h est un nombre premier et k est égal au produit de h par un autre nombre premier p, lorsque h et p sont l'un de la forme $8m+3$, l'autre de la forme $8m+7$, et que les diviseurs premiers de $p-1$, autres que 2 et h, sont tous de la forme $4m+3$ et non résidus quadratiques de h; si, par exemple, les valeurs de p et h sont 3 et 7, 7 et 19, 23 et 11,....

» 3. On reconnaît encore l'impossibilité, en nombres rationnels, de la double égalité

$$x^2+1=y^2,\quad x^2-p=z^2,$$

lorsque p est un nombre premier de la forme $8m+3$ ou $8m+5$, et que tous les facteurs premiers impairs de $p+1$ sont de la forme $4m+3$; par exemple, lorsque $p=3, 5, 11, 37,\ldots$.

» Il va sans dire que, dans ces énoncés, en parlant de facteurs premiers impairs, on ne tient pas compte de l'unité. On rejette ainsi la solution $x=0$ dans les cas où elle serait possible.

» 4. Les propositions précédentes comprennent le théorème connu sur l'impossibilité de trouver quatre carrés en progression arithmétique; elles comprennent aussi le théorème suivant, qu'on peut regarder comme une généralisation de celui-ci. Les valeurs des expressions

$$x-(p+1)y,\quad x-(p-1)y,\quad x+(p-1)y,\quad x+(p+1)y$$

ne pourront pas être quatre nombres carrés, x et y désignant deux nombres premiers entre eux, si p est un nombre premier $8m\pm 3$, tel que $p-1$ et $p+1$ n'admettent aucun diviseur premier de la forme $4m+1$, ainsi qu'il arrive pour $p=3, 5, 13, 37,\ldots$

» 5. Les mêmes propositions entraînent l'impossibilité de résoudre, en nombres entiers, certaines équations du quatrième degré de la forme

$$x^4-2(h+k)x^2y^2+(h-k)^2y^4=z^2$$

(en écartant la solution évidente $x=0$ ou $y=0$). Il suffira que h et k prennent les valeurs qui rendent impossible, en nombres rationnels, la double égalité indiquée au n° 2.

» Cela aura lieu aussi pour l'équation

$$x^4+2(2k-h)x^2y^2+h^2y^4=z^2.$$

» Les valeurs de h, pour lesquelles une solution rationnelle de la double égalité du n° 1 est impossible, rendront impossible aussi de résoudre en nombres entiers chacune des équations

$$x^4\pm 6hx^2y^2+h^2y^4=z^2,\quad x^4+4h^2y^4=z^2.$$

» Dans ces théorèmes sont compris plusieurs cas particuliers traités par Euler : par exemple, l'impossibilité des équations

$$x^4\pm x^2y^2+y^4=z^2,\quad x^4\pm 14x^2y^2+y^4=z^2,$$

et conséquemment de chacune des doubles égalités

1° $\quad x^2-xy+y^2=u^2,\quad x^2+xy+y^2=v^2;$

2° $\quad x^2-4xy+y^2=u^2,\quad x^2+4xy+y^2=v^2.$

» J'ajouterai à ces exemples l'équation

$$x^4+6x^2y^2-\tfrac{1}{7}y^4=z^2,$$

impossible aussi en nombres entiers; d'où l'on déduit qu'il est impossible de satisfaire à l'équation

$$x^7+y^7+z^7=0,$$

par des valeurs de x, y, z, qui soient les racines d'une équation du troisième degré à coefficients rationnels (extension d'un théorème de Lamé). »

GÉOMÉTRIE. — *Conditions pour qu'une conique ait, avec une courbe d'ordre quelconque, un contact du cinquième ordre.* Note de M. **Painvin**, présentée par M. Chasles.

« 1. Pour exprimer que la conique a, avec la courbe, un contact du cinquième ordre, il faudra égaler à zéro les coefficients de X^0, X^1 et X^2 de l'équation (3), que j'ai donnée dans la Note insérée aux *Comptes rendus*, 5 janvier 1874, p. 57. Après quelques réductions très-faciles, on obtient les trois équations de condition

$$(1) \qquad P_1^3 = 0,$$

$$(2) \qquad P_1^4\, P^1 - P_1^2 \Delta^1 P_1^3 = 0,$$

$$(3) \qquad (P^1)^2 P_1^5 - P_1^2\, P^1\, \Delta^1 P_1^4 + P_1^2\, \Delta^1 P_1^2\, \Delta^1 P_1^3 + (P_1^2)^2\, \Delta^2 P_1^3 = 0.$$

Ces relations se prêtent immédiatement à plusieurs interprétations géométriques que je vais faire connaître.

» Je désignerai par M_0 le point où la conique doit être osculatrice à la courbe donnée φ; par M_1 le point où la tangente en M_0 rencontre la polaire cubique du point M_0. Je représenterai par P^2, P^3, P^4, P^5,... les polaires du deuxième, troisième, quatrième, cinquième,... ordre du point M_0 par rapport à la courbe φ, et par $\Delta^i P_1^r$ la polaire du $i^{ième}$ ordre du point M_1 par rapport à la polaire P^r.

» 2. Si la relation (1) a lieu seule, la conique aura avec la courbe φ un contact du troisième ordre; le point M_0 peut être choisi arbitrairement : le point M_1 est alors parfaitement déterminé et unique. La corde commune à la conique osculatrice et à la conique polaire de M_0 est seulement assujettie à passer par le point M_1; il y a évidemment une infinité de coniques correspondant au point choisi M_0, et ces coniques varient avec la position de la corde commune tournant autour du point M_1. On a, dans ce cas, les propriétés suivantes :

» *Lorsqu'une conique Σ a, avec une courbe φ, un contact du troisième ordre en* M_0 :

» 1° *Le point* M_1, *où la tangente en* M_0 *rencontre la corde commune à la conique Σ et à la conique polaire de* M_0, *est l'intersection de cette tangente avec la polaire cubique de* M_0.

» 2° *La droite polaire de* M_1, *par rapport à* P^3, *passe par* M_1; *la droite polaire de* M_1, *par rapport à* P^4, *passe par* M_0; *les droites polaires de* M_1, *par rapport aux courbes* P^r, *ne passent ni par* M_1, *ni par* M_0, *lorsque r est supérieur à* 4.

» 3° *La polaire* $\Delta^2 P_1^3$ *touche en* M_1 *la polaire cubique* P^3; *d'ailleurs, de ce que le point* M_1 *est sur la tangente en* M_0, *il résulte que cette courbe* $\Delta^2 P_1^3$ *passe par* M_0 *et y touche la droite* $\Delta^1 P_1^2$.

» *La polaire* $\Delta^2 P_1^4$ *divise harmoniquement le segment* $M_0 M_1$.

» *La polaire* $\Delta^2 P_1^5$ *passe par* M_0 *et rencontre* $M_0 M_1$ *en* J; *la droite* $\Delta^1 P_1^5$ *rencontre* $M_0 M_1$ *en* K; *le segment* $M_0 K$ *est divisé harmoniquement par le segment* JM_1.

» La proposition 1° est connue depuis longtemps (*); les autres sont nouvelles.

» 3. Lorsque les relations (1) et (2) ont lieu à la fois, la conique Σ a, avec la courbe, un contact du quatrième ordre; le point M_0 peut encore être choisi arbitrairement, mais l'équation (2) définit alors complétement la corde commune à la conique polaire et la conique Σ, et cette conique est, pour chaque point M_0, déterminée et unique; c'est la conique qu'on nomme *osculatrice*.

» 4. Si les relations (1), (2), (3) ont lieu à la fois, la conique Σ aura avec la courbe un contact du cinquième ordre; je la nommerai *surosculatrice*. Dans ce cas, le point M_0 n'est plus arbitraire; ses coordonnées doivent vérifier une équation du degré $(12m - 27)$, (m étant l'ordre de la courbe φ), que M. Cayley a fait connaître dans les *Philosophical Transactions*, 1865.

» Le mode de calcul que j'ai suivi m'a permis de trouver une interprétation géométrique de cette équation de condition, qui se présente sous une forme analytique très-compliquée.

» *Soient* M_0 *le point où une conique* Σ *a, avec une courbe d'ordre* m, *un contact du cinquième ordre,* M_1 *le point où la tangente en* M_0 *rencontre la polaire cubique* P^3 *de* M_0, *et* M' *le point de rencontre des tangentes en* M_0 *et* M_1 *à la conique polaire* $\Delta^2 P_1^3$ *de* M_1 *par rapport à* P^3 (*polaire cubique de* M_0).

» *Désignons par* C *et* D *les points où la corde commune à la conique polaire de* M_0 *et à la conique surosculatrice* Σ *rencontre la polaire conique* $\Delta^2 P_1^3$ *de* M_1 *par rapport à* P^3 *et la droite polaire* $\Delta^1 P_1^4$ *de* M_1 *par rapport à* P^4. *Soient enfin* C' *et* D' *les points où les droites* M'C *et* M'D *rencontrent le segment* $M_0 M_1$; I *l'un quelconque des points d'intersection avec* $M_0 M_1$ *de la conique* $\Delta^2 P_1^4$ (*polaire de* M_1 *par rapport à* P^4), *et* K *l'intersection avec* $M_0 M_1$ *de la droite* $\Delta^1 P_1^5$ (*polaire de* M_1 *par rapport à* P^5).

» *Pour que la conique* Σ *ait, au point* M_0, *un contact du cinquième ordre avec*

(*) *A Treatise on the higher plane curves*, by G. Salmon, p. 359, 1873.

la courbe proposée, IL FAUT ET IL SUFFIT *qu'on ait la relation*

$$(\mathrm{I}) \qquad \frac{M_0C'}{M_1C'} - 2\frac{M_0D'}{M_1D'} = \frac{6(m-4)}{5(m-3)}\frac{M_1K}{M_0K}\left(\frac{M_0I}{M_1I}\right)^2.$$

» L'ordre des lettres indique le sens des segments, et les segments doivent être positifs ou négatifs, suivant qu'ils sont parcourus dans un sens ou en sens contraire.

» 5. Dans le cas des *courbes du quatrième ordre,* la relation précédente se réduit considérablement; elle donne lieu à la proposition suivante, qui est simple et remarquable :

» *Soient* M_0 *le point où la conique* Σ *doit être surosculatrice et* M_1 *le point où la tangente en* M_0 *rencontre la première polaire* P^3 *de* M_0; *désignons par* C *le point où la corde commune à la conique polaire de* M_0 *et à la conique surosculatrice rencontre la conique* $\Delta^2 P_1^3$, *polaire de* M_1 *par rapport à* P^3. *Soient enfin* $\Delta^1 P_1^2$ *la droite polaire de* M_1 *par rapport à la conique polaire* P^2 *de* M_0 *et* $\Delta^1\varphi_1$ *la droite polaire de* M_1 *par rapport à la courbe* φ *du quatrième ordre.*

» *Pour que la conique* Σ *soit surosculatrice en* M_0, IL FAUT ET IL SUFFIT *que la droite* M_0C *soit conjuguée harmonique de* $\Delta^1 P_1^2$ *par rapport au système des deux droites* M_0M_1 *et* $\Delta^1\varphi_1$. »

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur les normales abaissées d'un point donné sur une surface du second ordre.* Note de M. LAGUERRE, présentée par M. de la Gournerie.

« 1. Étant données une surface du second ordre et une conique située sur cette surface, il semble, au premier abord, que l'on puisse toujours déterminer trois points de cette conique, de telle façon que les normales, menées à la surface en ces points, se coupent en un même point; le nombre des équations de condition auxquelles on doit satisfaire est en effet égal au nombre des constantes arbitraires dont on peut disposer.

» Il est remarquable que les coniques jouissant de la propriété que je viens d'énoncer ne puissent être arbitrairement choisies, et que leurs plans enveloppent une surface de quatrième classe Σ.

» Réciproquement, étant donné un plan quelconque Π tangent à Σ, il lui correspond une droite Δ, dont voici la propriété principale :

» *Si d'un point* M, *pris arbitrairement sur* Δ, *on mène des normales à la surface du second ordre, trois des pieds de ces normales décrivent la conique de cette surface située dans le plan* Π, *et les côtés du triangle dont ils constituent les*

sommets enveloppent une autre conique, les pieds des trois autres normales décrivant une conique située dans un second plan Π' *tangent à* Σ.

» Je dirai que les plans Π et Π' sont deux plans conjugués de la surface Σ, et que la droite Δ lui est associée.

» 2. Pour plus de commodité dans le langage, je considérerai aussi les deux pôles P et P′ des plans Π et Π' relativement à la surface du second ordre; je dirai également que P et P′ sont deux points conjugués de la surface du quatrième ordre S, qui est la polaire réciproque de Σ par rapport à la surface du second ordre et que la droite Δ leur est associée.

» Cela posé, si d'un point M de l'espace on mène les six normales à la surface du second ordre, les plans tangents en ces points forment un hexaèdre, ayant dix couples de sommets opposés joints entre eux par dix diagonales.

» Il est clair que ces dix couples de sommets sont dix couples de points conjugués de la surface S.

» Je dirai que l'hexaèdre ainsi défini appartient à la surface du second ordre, et a pour centre le point M.

» 3. Soient

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$$

l'équation de la surface du second ordre; X, Y, Z les coordonnées d'un point quelconque M, ξ, η, ζ et ξ', η', ζ' les coordonnées d'un couple quelconque de sommets opposés de l'hexaèdre, ayant pour centre le point M.

» En introduisant des quantités auxiliaires λ, μ, ν définies par les équations

$$(1)\qquad \lambda=\frac{\eta\zeta'+\zeta\eta'}{b^2-c^2},\quad \mu=\frac{\zeta\xi'+\xi\zeta'}{c^2-a^2},\quad \nu=\frac{\xi\eta'+\eta\xi'}{a^2-b^2},$$

on établira facilement les six relations

$$(2)\qquad \xi\xi'=-a^2,\quad \eta\eta'=-b^2,\quad \zeta\zeta'=-c^2,$$

$$(3)\qquad \xi+\xi'=\mu Z-\nu Y,\quad \eta+\eta'=\nu X-\lambda Z,\quad \zeta+\zeta'=\lambda Y-\mu X.$$

» 4. Les équations (2), qui établissent une relation si simple entre deux sommets opposés de l'hexaèdre, ont déjà été données, sous une forme un peu différente, dans un beau Mémoire de Joachimstahl (*).

(*) *De æquationibus quarti et sexti gradus quæ in theoria linearum et superficierum secundi ordinis occurrunt.* (*Journal de Crelle*, t. LIII.)

Des équations (3) on déduit les relations

$$\lambda(\xi + \xi') + \mu(\eta + \eta') + \nu(\zeta + \zeta') = 0,$$
$$X(\xi + \xi') + Y(\eta + \eta') + Z(\zeta + \zeta') = 0.$$

Entre la première et les équations (1) et (2), on peut éliminer ξ', η', ζ' ainsi que λ, μ, ν, et l'on obtient l'équation suivante de la surface S :

$$c^2(a^2 - b^2)^2 x^2 y^2 + a^2(b^2 - c^2)^2 y^2 z^2 + b^2(c^2 - a^2)^2 z^2 x^2$$
$$- b^2 c^2 (b^2 - c^2)^2 x^2 - c^2 a^2 (c^2 - a^2)^2 y^2 - a^2 b^2 (a^2 - b^2) z^2 = 0.$$

» De la seconde résulte la proposition suivante :

» *Étant donné un hexaèdre quelconque appartenant à une surface du second ordre, et ayant pour centre le point* M, *le plan mené par le centre* O *de cette surface perpendiculairement au rayon* OM *passe par les milieux des dix diamètres de l'hexaèdre.*

» 5. Étant donné un couple de points conjugués (ξ, η, ξ', η') de la surface S, les équations (3), en y considérant X, Y, Z comme des coordonnées courantes, représentent la droite Δ associée aux deux points conjugués.

» D'où les propositions suivantes :

» *La droite Δ associée à un couple de points conjugués* (P, P') *de la surface* S *est située dans le plan mené par le centre de la surface du second ordre perpendiculairement à la droite qui joint ce centre au milieu du segment* PP'.

Toutes les droites Δ sont doublement tangentes à la surface Θ, lieu des centres de courbure de la surface du second ordre.

» 6. La surface polaire réciproque de Θ étant du quatrième ordre, il en résulte que, par un point quelconque M de l'espace, on peut mener vingt-huit droites doublement tangentes à Θ; ces vingt-huit droites se composent des trois groupes de droites suivantes :

» 1° Les six normales menées du point M à la surface;

» 2° Les dix droites Δ se croisant en ce point, et qui sont les associées des dix couples de sommets opposés de l'hexaèdre ayant pour centre le point M.

» 3° Douze autres tangentes doubles situées sur un cône du troisième ordre et formant un groupe de Steiner.

» 7. Les surfaces réglées, formées par les normales que l'on peut élever aux différents points d'une conique située sur une surface du second ordre, constituent un groupe de surfaces remarquables, étudiées d'abord par M. Chasles et comprises comme cas particulier dans la famille des *quadri-*

spinales; il importe de distinguer parmi elles celles dont la base est située dans un plan tangent à la surface Σ; on voit, d'après ce qui précède, que ses génératrices se rencontrent trois à trois en un même point d'une droite fixe. »

PHYSIQUE. — *Observations relatives à la dernière Communication de* M. Jamin *sur le magnétisme;* par M. **J.-M. Gaugain.**

« Je prie l'Académie de vouloir bien me permettre de répondre quelques mots aux reproches que M. Jamin m'a adressés dans la Note insérée au *Compte rendu* de la dernière séance (p. 305 de ce volume). Je ne me suis point posé, comme il le dit, en contradicteur des idées théoriques qu'il a annoncées et que je ne connais pas suffisamment.

» M. Jamin, dans sa Note du 12 janvier, a fait connaître certains faits qui, suivant lui, doivent conduire à des modifications dans la théorie des solénoïdes. J'ai montré que cette théorie permettait, au contraire, de prévoir les faits dont il s'agit. Je n'ai pas attaqué M. Jamin, j'ai défendu Ampère: l'Académie, j'espère, ne m'en saura pas mauvais gré. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les caractères chimiques de l'Urédo du maïs, et sur quelques questions d'analyse végétale.* Note de M. **Hartsen.** (Extrait.)

« 1. L'*Urédo du maïs* est très-commun dans certaines localités. Nous l'avons recueilli à Pau (Basses-Pyrénées) aux mois d'octobre et de novembre. Sous l'influence de ce parasite, la graine du maïs se transforme en une vessie, généralement ovale, remplie d'une poudre brune ou rougeâtre. L'épi entier est-il envahi, celui-ci prend des dimensions considérables, et, par son poids, fait fléchir le pédoncule qui lui sert de support.

» Nous avons examiné l'Urédo du maïs dans l'intention d'en extraire la matière colorante. Malgré bon nombre de réactifs employés (alcool absolu, éther, benzine, pétroléine, chloroforme, acide acétique, potasse caustique, etc.), nous n'avons pas réussi. Cette matière colorante paraît donc être intimement liée à la substance qui constitue la paroi des cellules de ce végétal.

» L'Urédo du maïs est *parfaitement inodore*, même chauffé sec à 100 degrés; mais, si on le fait bouillir avec de l'eau, il dégage une odeur intense, bitumineuse et très-désagréable. En condensant les vapeurs, on obtient un liquide fétide, dans lequel, après vingt-quatre heures de repos, se forment

des gouttelettes d'une matière camphreuse qui, vues au microscope, présentent une structure cristalline.

» La paroi des cellules de l'Urédo est douée d'une résistance considérable. L'acide sulfurique, même chaud, ne l'attaque que lentement, en produisant de l'acide sulfureux. L'acide acétique et la lessive de potasse bouillante ne produisent aucun effet notable ; mais, si l'on fait bouillir l'Urédo avec de l'acide sulfurique dilué, il dégage une forte odeur de cire jaune, un acide volatil et un gaz inflammable.

» Un mélange refroidi d'acide sulfurique et d'acide nitrique concentrés, dans les proportions nécessaires pour la fabrication de la pyroxyline, fait pâlir la couleur de l'Urédo, sans lui ôter, du reste, ses apparences; lavé et séché, l'Urédo brûle facilement ensuite, mais sans explosion.

» L'acide nitrique fait gonfler les pulvérules d'Urédo, puis s'échauffe et les attaque en produisant une *forte odeur d'amandes amères*. Peu à peu, la paroi cellulaire disparaît et le liquide offre de l'acide oxalique, de l'acide subérique et une quantité très-considérable de graisse.

» Les réactifs inoffensifs semblent incapables d'extraire la graisse de l'Urédo (1). Ce n'est qu'en détruisant ou en modifiant la paroi des cellules (par l'acide nitrique, le chlore, l'acide sulfurique, le bichromate de potasse, etc.) qu'on amène l'Urédo à céder sa graisse à la benzine.

» En décomposant l'Urédo par la chaleur, on n'aperçoit point d'odeur d'acroléine. La glycérine paraît donc manquer dans sa composition.

» L'eau bouillante n'enlève à l'Urédo que peu de matières fixes, précipitables en partie par l'acétate de plomb.

» 2. *Pouvoir décolorant du sulfure de plomb.* — Le sulfure de plomb précipité possède la faculté d'absorber et de retenir fortement plusieurs substances telles que résines, matières colorantes, etc. En pouvoir décolorant, d'après nos recherches, il ne le cède guère au charbon animal et pourrait, dans certains cas, avoir des avantages sur ce dernier; 20 grammes de sulfure de plomb suffisent pour décolorer complétement 90 grammes de vin rouge et davantage.

» Le pouvoir absorbant du sulfure de plomb mérite l'attention chaque fois qu'on se sert de l'acétate de plomb pour isoler les acides et autres substances des plantes. Après avoir décomposé le précipité par l'acide sulfhy-

---

(1) Les dissolvants ne suffisent pas toujours pour découvrir les graisses contenues dans les cellules des végétaux.

drique, il faut se garder de jeter le sulfure de plomb ainsi formé sans l'avoir préalablement épuisé par l'alcool bouillant.

» 3. *Extraction de la chlorophylle.* — En remplaçant l'éther par la benzine pure, nous sommes parvenu à rendre la préparation de la chlorophylle moins coûteuse. La *pétroléine* est excellente lorsqu'il s'agit d'extraire la chlorophylle sans s'occuper des autres substances analogues.

» Pour la pétroléine comme pour la benzine, il est nécessaire de tremper les feuilles dans l'alcool avant de les soumettre à l'action du dissolvant. »

PHYSIOLOGIE. — *Des effets consécutifs à l'ablation des mamelles chez les animaux.* Note de M. DE SINÉTY, présentée par M. Cl. Bernard.

« J'ai entrepris de rechercher ce que devient la fonction de reproduction chez les femelles privées de mamelles; dans ce but, j'ai pratiqué l'ablation de ces glandes sur un certain nombre de sujets d'âge différent. Pour ces expériences, le Cochon d'Inde, qui n'a qu'une paire de mamelles, m'a paru présenter les meilleures conditions. L'étendue considérable qu'occupent ces organes sur le Chien et le Lapin aurait rendu trop graves les suites de l'opération. J'ai divisé mes expériences en deux séries, la première comprenant des animaux très-jeunes et la seconde des adultes.

» 1° *Animaux jeunes.* — Deux Cochons d'Inde, nés le 2 septembre 1873, opérés le 16 septembre de l'ablation des deux mamelles. Ces femelles produisent chacune deux petits, vigoureux et bien conformés, l'une le 4 et l'autre le 31 janvier 1874.

» Chez la première, les mamelles se sont reproduites avec le quart, environ, des dimensions normales. Il n'y a ni d'un côté ni de l'autre aucun orifice qui permette la sortie du lait; à l'examen histologique, fait le surlendemain de la parturition, on voit que le tissu glandulaire est normal ainsi que le lait qu'il contient; les petits non allaités succombent le quatrième jour.

» Chez la seconde, les mamelles se sont reproduites dans les mêmes dimensions; de plus, on trouve d'un côté un tubercule simulant le mamelon, très-peu saillant, mais perforé et laissant sourdre le lait à la pression.

» Deux autres femelles, nées aussi le 2 septembre 1873, sont opérées le 20 du même mois.

» L'une produit deux petits le 1er février 1874. On constate que les mamelles se sont reproduites, mais en partie seulement, comme dans les

expériences précédentes ; on ne trouve à l'extérieur ni saillie, ni orifice ; les petits succombent le cinquième jour.

» L'autre opérée est pleine en ce moment. La glande s'est reproduite sans mamelon et dans les mêmes dimensions que précédemment.

» 2° *Animaux adultes.* — Femelle ayant produit deux petits le 13 septembre 1873. Le 23 septembre, ablation des deux mamelles qui sont gorgées de lait. Le 1er février 1874, l'animal produit 3 petits bien conformés. La mamelle ne s'est reproduite sur aucun point.

» Une autre femelle adulte, opérée en septembre 1873, a mis bas le 5 février 1874. Chez elle, pas plus que chez la précédente, on ne trouve de traces de mamelles.

» On voit, d'après ces expériences, que chez les animaux jeunes la mamelle s'est reproduite en partie. A cet âge, il est impossible de limiter la glande, mais l'étendue considérable des tissus enlevés soit en largeur, soit en profondeur, en prenant le mamelon pour point de repère, me permet de croire que tous les rudiments de la glande ont été extirpés. Dans toutes mes opérations, je suis parfaitement sûr d'avoir compris le mamelon dans la partie enlevée et cependant, nous voyons dans un cas, et d'un côté seulement, se former un rudiment de mamelon ; chez les animaux adultes, au contraire, la glande ne s'est pas reproduite. Pour toutes ces femelles, l'absence partielle ou totale des mamelles n'a eu aucune influence sur la fécondation, la gestation et la parturition.

» Peu de jours après la naissance, les petits, quoique vigoureux et bien conformés, sont condamnés à succomber, comme cela se voit quand on les sépare de leur mère après la naissance.

» Dans les cas que je viens de citer, j'ai observé que les cochons d'Inde, privés du lait maternel, mouraient au bout de peu de jours, et cela, quoique ces animaux mangent dès la naissance, comme l'avaient déjà signalé les anciens observateurs. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Phénomènes volcaniques de Nisyros.* Extrait d'une Lettre de M. **Gorceix** à M. Ch. Sainte-Claire Deville.

« Nisyros, 7 décembre 1873.

» Les phénomènes volcaniques dont Nisyros est le siége continuent à se produire, mais sans prendre une grande importance. Les tremblements de terre deviennent moins fréquents et moins violents ; quelques secousses horizontales se sont fait sentir les 12, 25, 29 novembre, et dans la nuit du 1er au 2 décembre.

» Les trois bouches principales produisent toujours des fumerolles aqueuses sulfhydro-carboniques, dont l'activité a été en décroissant pendant le mois précédent; mais, depuis quelques jours, à la suite d'abondantes pluies, un petit lac s'est formé au fond de la bouche centrale; les dégagements de vapeurs sont alors devenus intermittents, beaucoup plus considérables, et sont accompagnés de bruits violents et de projections, à une grande hauteur, de colonnes d'eau bouillante.

» Les fumerolles occupent un grand nombre de points dans le cratère adventif où ont eu lieu les éruptions aqueuses, dans l'ancienne solfatare circulaire et sur les parois du cratère primitif, jusqu'à une hauteur de plus de 400 mètres. Ces dernières fumerolles sont presque toutes de nouvelle formation et n'existaient pas lors de mon premier voyage.

» Parmi les nombreuses analyses faites sur place, je citerai seulement les suivantes, qui permettent de saisir la loi de groupement de ces émanations :

		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	HS......	48,8	44,5	4,6	1,5	00,0	00,0
	CO^2......	40,9	49,2	1,8	14,7	7	5,5
Résidu.	O........	1,1	1,0	13,8	15,6	18,1	18,2
	Az.......	3,2	5,2	63,5	67,8	74,8	79,2
		100,0	99,9	99,9	99,6	99,9	99,9

I : Fumerolle à 100 degrés au milieu de la bouche formée au mois de juin 1873.
II : Fumerolle à 100 degrés, avec dépôt abondant de soufre sur la paroi latérale.
III, IV, V, VI : Fumerolles sur les flancs du cratère primitif, dont les températures sont de 96 degrés, 92 degrés, 70 degrés, 55 degrés.

» A 1 kilomètre environ de ce point se trouvent des émanations dont la température ne dépasse pas 45 degrés, et où il n'existe que de très-faibles quantités d'acide carbonique.

» A mesure donc qu'on s'éloigne du centre d'activité, la température, les proportions d'hydrogène sulfuré et d'acide carbonique vont en décroissant.

» La loi de groupement des fumerolles de ce genre, découverte par M. Ch. Sainte-Claire Deville à la solfatare de Pouzzoles, est encore vérifiée à Nisyros.

» Autour de l'ancienne solfatare circulaire, les fumerolles qui en dépendent suivent la même règle.

» Nisyros est le centre de plusieurs îlots de formation volcanique et constitués par des laves trachytiques, à l'exception de celui de Hyali, situé

à 3 milles nord-ouest, où, dans une partie, des lits de ponce et de pouzzolane alternent avec des tufs très-riches en fossiles.

» C'est à une très-petite distance du rivage de cet îlot que se trouve, à une profondeur de 8 mètres, un dégagement gazeux dont les bulles, à certains moments, agitant le sable du fond sans venir crever à la surface, avaient fait croire à l'existence d'une source sous-marine. L'existence de l'hydrogène sulfuré, dans ces émanations, ne peut être constatée qu'à la suite de plusieurs jours de calme. Lors de mon exploration, le dégagement avait la composition suivante :

CO^2	1,2
O	19,5
Az	79,2

» Ce point et les ouvertures qui se sont produites au village de Mandraki et à Hyali jalonnent, comme je l'ai déjà fait remarquer, la ligne autour de laquelle sont groupés les phénomènes éruptifs de Nisyros, ligne correspondant, je crois, à une ancienne fissure (1).

» L'île de Cos a été, après Nisyros, le but de mes explorations. J'ai reconnu, dans cette île, l'existence de terrains secondaires métamorphiques, sur lesquels s'appuient des formations tertiaires marines et d'eau douce fossilifères. Ces couches ont été traversées par de nombreuses nappes de roches éruptives. Dans la partie est de l'île, j'ai retrouvé un cratère très-bien conservé, placé sur les flancs d'un cône éruptif.

» Ces roches sont en relation avec des sources d'eau minérale et deux solfatares, dont l'une est encore le siége de dégagements très-abondants d'hydrogène sulfuré et d'acide carbonique. »

MÉTÉOROLOGIE. — *L'hiver de* 1874. Note de M. DE TASTES.

« J'ai déjà eu l'honneur d'exposer à l'Académie, dans deux Notes insérées aux *Comptes rendus* et relatives aux mouvements de l'atmosphère, les idées qui m'ont conduit à formuler quelques prévisions, justifiées par les faits. Je crois devoir revenir sur ce sujet, à propos du caractère particulier de l'hiver que nous traversons.

» Voici, en peu de mots, le résumé de ma théorie, qui s'écarte notablement des idées généralement admises. Un courant aérien, qui est à l'air de notre hémisphère ce que le gulf-stream est à l'Atlantique, constitue une

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVII, séance du 22 décembre 1873.

sorte de fleuve d'air tiède et humide qui, reposant sur ce courant marin, suit à peu près la même direction que lui, aborde les côtes de la presqu'île scandinave, franchit la barrière peu élevée des Dofrines, s'infléchit vers l'est et le sud-est à travers l'Europe septentrionale, où il condense, sous forme de neige ou de pluie, l'humidité dont il est chargé. Après avoir alimenté les nombreux réservoirs d'eau douce de la Suède, de la Finlande et du nord-ouest de la Russie, il poursuit sa route vers le sud à travers les vastes espaces continentaux de l'Europe orientale. Dépouillé de son humidité, s'écartant de plus en plus de son point de saturation, à mesure qu'il parvient à des latitudes plus basses, il imprime aux contrées qu'il traverse, sous forme de vent sec, d'entre nord-ouest et nord-est, leurs principaux caractères météorologiques. Ce courant, dont nous perdons la trace dans les régions de l'Afrique tropicale, vient se relier probablement à l'alizé nord-est, que nous voyons reparaître sur les côtes orientales de ce continent. On sait d'ailleurs que le courant dit *équatorial* n'est qu'une branche de retour de l'alizé.

» Nous voici revenu à notre point de départ, et nous avons complété notre circuit. Bien que la partie méridionale de ce circuit ne se manifeste pas à nous, faute de renseignements suffisants, avec tous les caractères de l'évidence, il n'en est pas de même pour le reste du parcours, où le sens constant du transport de l'air, de l'ouest à l'est, en passant par le nord, c'est-à-dire dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre, s'affirme de la manière la plus complète.

» Les mouvements tournants dont ce fleuve est parsemé sont la conséquence toute mécanique du frottement de l'air en mouvement contre l'air comparativement calme qui l'entoure et forme sa rive gauche, ou rive extérieure. Ces tourbillons ou *vortex,* qui offrent tant d'analogie avec ceux qui se forment au contact de deux courants liquides de sens contraire (ou de mêmesens, mais animés de vitesses différentes), ont un sens de rotation invariable dans notre hémisphère, et que la cause mécanique précédemment indiquée laisse aisément prévoir : c'est le sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre. Le déplacement du centre de ces tourbillons indique le sens du mouvement général du fleuve dans lequel ils se produisent, et, sur les côtes de l'Europe, la trajectoire de ces centres se dirige invariablement de la mer vers le continent.

» Ce fleuve aérien a aussi ses périodes de crues et de décroissances : c'est principalement aux périodes de crue, quand il prend plus d'ampleur et de vitesse, que les tourbillons se manifestent dans son cours avec plus de fré-

quence et d'intensité; mais l'apparition de ces centres de dépression n'est pas perpétuelle, et souvent le fleuve présente un cours paisible. Les isobares présentent alors de longues lignes parallèles doucement ondulées, dont le gradient indique une diminution de pression depuis la rive du fleuve jusqu'au centre du courant, où la vitesse du transport de l'air est à son maximum, tout comme dans un cours d'eau la rapidité va en croissant, en général, du rivage vers le milieu du courant.

» Notre circuit aérien circonscrit (*et il ne peut pas ne pas circonscrire*) une masse d'air dans laquelle la pression atmosphérique est plus élevée que dans le lit du courant, et qui est à ce courant ce que la région atlantique dite *mer de Sargasse* est au gulf-stream qui l'entoure. Dans cette région centrale, que j'appelle *zone des calmes,* l'air n'a que des mouvements irréguliers déterminés par des causes purement locales ou par des remous se produisant sur son pourtour; le ciel y est serein ou brumeux suivant la saison, et c'est des déplacements et des fluctuations de cette masse centrale et du circuit qui l'environne que dépendent les vicissitudes de notre climat. Il est donc très-inexact de dire, comme certains météorologistes, que le courant humide et chaud, ou équatorial direct, et le courant froid et sec prétendu polaire, s'étalent *côte à côte* à la surface de l'Europe.

» L'étendue de cette zone centrale varie beaucoup avec l'ampleur et la force d'impulsion du fleuve ambiant. Parfois elle se réduit à des proportions assez modestes pour que son contour entier soit compris dans les limites de l'Europe continentale; les cartes des isobares montrent alors une série de cercles irréguliers, concentriques, dont le gradient va en décroissant du centre à la circonférence, autour d'un véritable centre de compression. Comme les isobares s'y échelonnent en sens inverse de celui qu'elles affectent dans les mouvements tournants, beaucoup de météorologistes, séduits par l'attrait de l'antithèse, ont donné à ce phénomène atmosphérique le nom d'*anticyclone* et croient pouvoir formuler cette loi : Si dans les cyclones le sens de la rotation est l'inverse de celui des aiguilles d'une montre, dans les anticyclones il est dirigé en sens contraire du premier. Le fait est incontestable, mais la forme dont on le revêt et les expressions employées éloignent de la véritable interprétation du phénomène.

» Le caractère de nos hivers est étroitement lié à la situation de cette zone des calmes et à son étendue. Si elle repose sur la Méditerranée et le nord de l'Afrique, et c'est là le cas le plus ordinaire, le lit du courant équatorial s'étend sur les îles Britanniques, le nord-ouest de la France et nous donne des hivers à la fois doux et pluvieux. Si la zone des calmes est

encore plus reportée vers le sud, l'équatorial s'infléchit à l'est vers l'Espagne et la Méditerranée, notre contrée peut se trouver sur la rive gauche du courant et l'air froid des hautes latitudes parvient jusqu'à nous. C'est dans ces conditions, heureusement rares, que se produisent ces grands hivers, qui font époque dans les annales météorologiques et qui se montrent deux ou trois fois par siècle. Enfin il peut arriver que l'équatorial ait une force d'impulsion telle qu'il aborde l'Europe par le nord de la Norvége et la Laponie, laissant la zone des calmes recouvrir l'Europe centrale dans ces conditions; des froids peuvent se produire chez nous, mais ils sont dus à l'excès du refroidissement nocturne sur la faible insolation de nos courtes journées. Dans la France du nord-ouest, le froid dépasse alors rarement — 6 degrés : il a lieu par des temps sereins, interrompus fréquemment par des brumes qui, arrêtant les effets du rayonnement, adoucissent la température. Nous sommes situés sur la rive droite du courant, séparés des froids polaires par toute la largeur du fleuve aérien, relativement tiède et humide qui vient adoucir l'hiver de l'Europe septentrionale. L'hiver est chez nous modérément froid, les pluies sont rares et peu abondantes, les brouillards fréquents, les vents faibles et nos cours d'eau descendent à l'étiage. C'est là précisément le caractère de l'hiver que nous traversons.

» Cette situation atmosphérique se dessinait assez nettement au commencement du présent hiver. Entre cette situation et celle qui amène les hivers rigoureux, où l'on voit les isobares s'échelonner en longues lignes sinueuses et parallèles, depuis les pressions de 775 et 788, qui se montrent au nord-est de la carte d'Europe, jusqu'aux basses pressions qui s'étendent du nord-ouest au sud-est, à travers le midi de l'Europe, il existe le contraste le plus complet et le plus frappant. Ce n'est pas en quelques heures, ni même en quelques jours, qu'on peut passer d'une de ces situations extrêmes à l'autre : un pareil revirement demande des semaines et des mois. Donc, au commencement de décembre, je croyais pouvoir inscrire, dans la colonne des observations qui accompagnent mon tableau météorologique de novembre, la remarque suivante : *La force et l'ampleur du courant équatorial, pendant ce mois, nous permettent d'espérer que, pendant une grande partie de l'hiver, il s'interposera entre notre région et les hautes latitudes; dans ces conditions, des froids rigoureux ne sont pas à craindre* (1), et à la date du 2 janvier j'écrivais

---

(1) *Annales de la Société d'Agriculture d'Indre-et-Loire*, n° 10, p. 319.

au directeur du *Journal d'Agriculture* : « Ces conditions atmosphériques » excluent toute probabilité d'un hiver rigoureux (1). »

M. Gazan adresse une Note relative à la constitution physique du Soleil et à la formation des taches.

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Faye.

A 6 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures trois quarts. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 février 1874.

(suite.)

Histoire naturelle des Coléoptères de France; par E. Mulsant *et* Ch. Rey : *Brévipennes* (*Aléochariens*). Paris, Deyrolle, 1873; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Milne Edwards.)

Reliquiæ Aquitanicæ; being contributions to the Archæology and Palæontology of Perigord and the adjoining provinces of southern France; by Ed. Lartet *and* H. Christy, edited by T. Rupert Jones; part XII, july 1873; part XIII, november 1873. London, Williams and Norgate, 1873; 2 liv. in-4°. (Présenté par M. Milne Edwards.)

La Terre, sa formation et sa constitution actuelle; par J. Charpentier de Cossigny. Paris, H. Rey, 1874; br. in-8°.

Mémorial de l'Officier du Génie; n° 22, 2e série, t. VII. Paris, Gauthier-Villars, 1874; in-8°. (Présenté, de la part du Président du Comité des Fortifications, par M. le général Morin.)

J.-A. Hue de Caligny, *auteur du Mémoire sur l'Intendance de la Flandre maritime*, publié dans le tome XI du *Bulletin de la Commission historique du département du Nord.* Lille, imp. Danel, 1873; br. in-8°. (Extrait du *Bulletin de la Commission historique du département du Nord.*)

Mémoires des Intendants de la Flandre et du Hainaut français sous Louis XIV,

---

(1) *Journal d'Agriculture* de M. Barral, n° 251, p. 167.

publiés pour la première fois par M. A. DESPLANQUE; 2e fascicule; Mémoire de Huë de Caligny (Jean-Anténor). Lille, imp. Danel, 1870; br. in-8°. (Extrait du tome XI du *Bulletin de la Commission historique du département du Nord.*)

Chimie appliquée à la physiologie, à la pathologie et à l'hygiène; par E.-J.-Ar. GAUTIER; t. Ier. Paris, F. Savy, 1874; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Wurtz.)

Traité théorique et pratique de la syphilis ou infection purulente syphilitique; par A. DESPRÉS. Paris, Germer-Baillière, 1873; in-8°. (Adressé par l'auteur au Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1874.)

Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles; par E. HAECKEL. *Conférences scientifiques sur la doctrine de l'évolution en général et sur celle de Darwin, Gœthe et Lamarck en particulier*, traduites de l'allemand par le Dr Ch. LETOURNEAU, et précédées d'une Introduction biographique par Ch. MARTINS. Paris, C. Reinwald, 1874; 1 vol. in-8°, relié.

Gymnastique scolaire à l'étranger. Rapport présenté à M. le Ministre de l'Intérieur sur la situation de l'enseignement de la gymnastique en Hollande, en Allemagne et dans les pays du Nord. Bruxelles, Fr. Gobbaerts, 1873; 1 vol. gr. in-8°.

Les Merveilles de l'Industrie ou Description des principales industries modernes; par L. FIGUIER; 11e série. Paris, Furne et Jouvet, 1874; 1 vol. grand in-8°, avec figures.

Account of the operations of the great trigonometrical Survey of India; vol. I : *The Standards of measure and the base-lines, etc.; by* colonel J.-T. WALKER. Dehra-Doon, M.-J. O'Connor, 1870; in-4°, relié.

DIAMILLA-MULLER. *Letture scientifiche per il popolo italiano;* vol. I. Milano, Dumolard; Parigi, Gauthier-Villars, 1873; 1 vol. in-12.

Protokolle der verhandlungen der permanenten Commission der europäischen Gradmessung vom 16 *bis* 22 *September* 1873 *in Wien.* Leipzig, Engelhardt, 1873; in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 9 FÉVRIER 1874.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 *juillet* 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce; t. LXXX. Paris, Impr. nationale, 1873; in-4°, texte et planches.

Les côtes du Brésil, description et instructions nautiques; par M. E. MOU-

CHEZ; 1re section : *Du cap San-Roque à Bahia*. Paris, Impr. nationale, 1874; in-8°, cartonné.

Rio de la Plata, description et instructions nautiques, édition de 1873, corrigée d'après les documents les plus récents; *par* M. E. MOUCHEZ. Paris, Impr. nationale, 1873; in-8°, cartonné.

Expression du rapport de la circonférence au diamètre et nouvelle fonction; par le général DIDION, Correspondant de l'Institut. Nancy, imp. E. Réau, sans date; opuscule in-8°. (Extrait des *Mémoires de l'Académie de Metz.*)

Notice sur l'habitat et les caractères du Macroscincus coctei (Euprepes coctei, Dum. et Bibr.); *par* J.-V. BARBOZA DU BOCAGE. Lisbonne, imp. de l'Académie des Sciences, 1873; br. in-8°. (Présenté par M. P. Gervais.)

Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Belles-Lettres et Arts d'Orléans; t. XV, nos 3, 4, 1873, 3e et 4e trimestres, Orléans, impr. Puget, 1874; in-8°.

Considérations anatomiques et physiologiques pour servir à la chirurgie du pouce; par feu le Dr P.-C. HUGUIER. Paris, P. Asselin, 1873; br. in-8°. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

De la fièvre bilieuse mélanurique des pays chauds comparée avec la fièvre jaune. Étude clinique faite au Sénégal par L.-J.-B. BÉRENGER-FÉRAUD. Paris, A. Delahaye, 1874; in-8°. (Présenté par M. le Baron Larrey, pour le Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1874.)

Commission de Météorologie de Lyon, 1871. Lyon, imp. Pitrat, sans date; in-8°.

Lettre à M. Ad. Quetelet, sur diverses questions mathématiques; par M. GENOCCHI. Bruxelles, imp. Hayez, 1873; br. in-8°. (Extrait du *Bulletin de l'Académie royale de Belgique.*)

(A suivre.)

ERRATA.

(Séance du 26 janvier 1874.)

Page 295, ligne 6, *au lieu de* spécial, *lisez* spinal.

(Séance du 2 février 1874.)

Page 320, dernière ligne, *au lieu de* Gallon impérial, 2^{ks},543, *lisez* Gallon impérial, 4^{lit},543.